

STUDIE ZUR ERSTELLUNG UND EVALUIERUNG
EINES TIERVERSUCH SPARENDEN, VIDEOBASierten
CHIRURGISCHEN LEHRPROGRAMMS FÜR
MIKROCHIRURGISCHE GEFÄßNAHTTECHNIKEN

JULIA SANDER



DISSERTATION zum Erwerb des Doktorgrades der
Medizin an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2011

© 2011 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik-Innenstadt
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. W. E. Mutschler

**Studie zur Erstellung und Evaluierung eines Tierversuch sparenden,
videobasierten chirurgischen Lehrprogramms für mikrochirurgische
Gefäßnahttechniken**

Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der
Medizin an der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Julia Sander

München 2010

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. W. Stock

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Andreas Frick
Prof. Dr. Christian J. Gabka
Prof. Dr. Dr. h. c. Karl – Walter Jauch

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. R. Zulkowski

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h. c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 07.10.2010

Inhaltsverzeichnis

I. Abbildungsverzeichnis	4
II. Tabellenverzeichnis	4
III. Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	7
1.1 Historische Aspekte der Mikrochirurgie	7
1.2 Istzustand der Lehrmethodik in der Mikrochirurgie und Idee der Studie	8
2. Methodik	13
2.1 Die Lehr-DVD	13
2.2 Verwendete Geräte und Programme	13
2.3 Lehrinhalte der DVD	13
2.3.1 Kapitel 1: Mikrochirurgische Instrumentenkunde	14
2.3.2 Kapitel 2 : Erste Übungen am Latexhandschuh	16
2.3.3 Kapitel 3: Präparation der A. femoralis am Hühnerschenkel	19
2.3.4 Kapitel 4: Systematisches Vorgehen bei mikrochirurgischen End-zu-End-Anastomosen mit 3-D-Animation	21
2.3.5 Kapitel 5: Erstellen einer mikrochirurgischen End-zu-End-Anastomose	22
2.4 Pilotkurs	26
3. I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs	27
3.1 Experimentelles Protokoll	32
3.1.1 Auswertung und Ergebnisermittlung	33
4. Material	34
4.1 Hühnerschenkel	34
4.2 Die-Sprague-Dawley-Ratte (Versuchstiere)	34
4.3 Messung	37
4.4 Die optische Auswertung	40
5. Analyse der Probandenarbeit	42
5.1 Proband A – Einzelanalysen	43
5.2 Proband B – Einzelanalysen	46
5.3 Proband C – Einzelanalysen	49
5.4 Proband D – Einzelanalysen	52
5.5 Proband E – Einzelanalysen	55
5.6 Proband F – Einzelanalysen	58
5.7 Proband G – Einzelanalysen	61
5.8 Proband H – Einzelanalysen	64
5.9 Proband I – Einzelanalysen	67

5.10 Proband J – Einzelanalysen	70
5.11 Proband K – Einzelanalysen	73
5.12 Proband L – Einzelanalysen	76
5.13 Proband M – Einzelanalysen	79
6. Ergebnisse	82
7. Kursevaluation.....	86
8. Diskussion.....	91
8.1. Das Erlernen praktischer Fähigkeiten in der Mikrochirurgie	91
8.2. Die Lehr-DVD	92
8.3. Der Pilotkurs	93
8.2. Diskussion der Gesamtanalysen	94
8.2.1. Verlauf der mittleren Standardabweichung über alle Versuche.....	94
8.2.2. Verlauf der mittleren Widerstandszunahme in Prozent über alle Versuche	95
8.2.3. Korrelation zwischen der Widerstandszunahme in Prozent und der Standardabweichung in Mikrometer für insgesamt 78 Versuche.....	95
8.2.4. Durchschnittlicher Zeitbedarf in Minuten über alle Versuche	95
8.2.5. Beurteilung durch Kursteilnehmer	96
9. Zusammenfassung.....	97
9.1. Ziel der Studie	97
9.2. Methodik.....	97
9.3. Ergebnisse.....	98
9.4. Schlussfolgerung	99
IV. Alphabetisches Literaturverzeichnis.....	100
V. Anhang: Lehr-DVD.....	102

I. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 01: Beginn der Chirurgie unter dem Operationsmikroskop in unterschiedlichen Disziplinen</i>	7
<i>Abbildung 02: Programmheft</i>	28
<i>Abbildung 03: Raum für den Mikrochirurgie-Kurs</i>	29
<i>Abbildung 05: Das Mikroskop</i>	30
<i>Abbildung 06: Das mikrochirurgische Besteck</i>	31
<i>Abbildung 07: Hühnerschenkel mit A. V. und N. femoralis</i>	34
<i>Abbildung 08: Ratte mit offenem Situs beim Abschlusstest</i>	36
<i>Abbildung 09: Das Messgerät</i>	37
<i>Abbildung 10: Grafische Darstellung des Messsystems</i>	38
<i>Abbildung 11: Suffiziente Anastomose</i>	39
<i>Abbildung 12: Insuffiziente Anastomose</i>	39
<i>Abbildung 13: Anastomose</i>	40
<i>Abbildung 14: Anastomose, luminale Ansicht</i>	41
<i>Abbildung 15: Anastomose von außen mit Vermessung der Abstände der Einzelknopfnähte</i>	41

II. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 01: Proband A – Statistik der Stichabstände in μm</i>	43
<i>Tabelle 02: Proband A – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	44
<i>Tabelle 03: Proband A – Widerstandszunahme in %</i>	44
<i>Tabelle 04: Proband A – Zeitbedarf in min</i>	45
<i>Tabelle 05: Proband B – Statistik der Stichabstände in μm</i>	46
<i>Tabelle 07: Proband B – Widerstandszunahme in %</i>	47
<i>Tabelle 08: Proband B – Zeitbedarf in min</i>	48
<i>Tabelle 09: Proband C – Statistik der Stichabstände in μm</i>	49
<i>Tabelle 10: Proband C – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	50
<i>Tabelle 11: Proband C – Widerstandszunahme in %</i>	50
<i>Tabelle 12: Proband C – Zeitbedarf in min</i>	51
<i>Tabelle 13: Proband D – Statistik der Stichabstände in μm</i>	52
<i>Tabelle 14: Proband D – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	53
<i>Tabelle 15: Proband D – Widerstandszunahme in %</i>	54
<i>Tabelle 16: Proband D – Zeitbedarf in min</i>	54
<i>Tabelle 17: Proband E – Statistik der Stichabstände in μm</i>	55
<i>Tabelle 18: Proband E – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	56
<i>Tabelle 19: Proband E – Widerstandszunahme in %</i>	56
<i>Tabelle 20: Proband E – Zeitbedarf in min</i>	57
<i>Tabelle 21: Proband F – Statistik der Stichabstände in μm</i>	58
<i>Tabelle 22: Proband F – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	59
<i>Tabelle 23: Proband F – Widerstandszunahme in %</i>	59
<i>Tabelle 24: Proband F – Zeitbedarf in min</i>	60
<i>Tabelle 25: Proband G – Statistik der Stichabstände in μm</i>	61
<i>Tabelle 26: Proband G – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	61
<i>Tabelle 27: Proband G – Widerstandszunahme in %</i>	62
<i>Tabelle 28: Proband G – Zeitbedarf in min</i>	63
<i>Tabelle 29: Proband H – Statistik der Stichabstände in μm</i>	64

<i>Tabelle 30: Proband H – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	65
<i>Tabelle 31: Proband H – Widerstandszunahme in %</i>	65
<i>Tabelle 32: Proband H – Zeitbedarf in min</i>	66
<i>Tabelle 33: Proband I – Statistik der Stichabstände in μm</i>	67
<i>Tabelle 34: Proband I – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	68
<i>Tabelle 35: Proband I – Widerstandszunahme in %</i>	68
<i>Tabelle 36: Proband I – Zeitbedarf in min</i>	69
<i>Tabelle 37: Proband J – Statistik der Stichabstände in μm</i>	70
<i>Tabelle 38: Proband J – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	71
<i>Tabelle 39: Proband J – Widerstandszunahme in %</i>	71
<i>Tabelle 40: Proband J – Zeitbedarf in min</i>	72
<i>Tabelle 41: Proband K – Statistik der Stichabstände in μm:</i>	73
<i>Tabelle 42: Proband K – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	74
<i>Tabelle 43: Proband K – Widerstandszunahme in %</i>	74
<i>Tabelle 44: Proband K – Zeitbedarf in min</i>	75
<i>Tabelle 45: Proband L – Statistik der Stichabstände in μm</i>	76
<i>Tabelle 46: Proband L – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	77
<i>Tabelle 47: Proband L – Widerstandszunahme in %</i>	77
<i>Tabelle 48: Proband L – Zeitbedarf in min</i>	78
<i>Tabelle 49: Proband M – Statistik der Stichabstände in μm</i>	79
<i>Tabelle 50: Proband M – Standardabweichung der Stichabstände in μm</i>	80
<i>Tabelle 51: Proband M – Widerstandszunahme in %</i>	80
<i>Tabelle 52: Proband M – Zeitbedarf in min</i>	81
<i>Tabelle 53: Verlauf der mittleren Standardabweichung über alle Versuche</i>	82
<i>Tabelle 54: Verlauf der mittleren Widerstandszunahme über alle Versuche in %</i>	83
<i>Tabelle 55: Korrelation zwischen der Widerstandszunahme in % und Standardabweichung μm für insgesamt 78 Versuche</i>	84
<i>Tabelle 56: Streudiagramm für die Korrelation zwischen der Widerstandszunahme in % und Standardabweichung in μm für insgesamt 78 Versuche</i>	84
<i>Tabelle 57: Durchschnittlicher Zeitbedarf in min über alle Versuche</i>	85
<i>Tabelle 58: Aufbau Kurskonzept</i>	86
<i>Tabelle 59: Beurteilung der Professionalität der Betreuung</i>	87
<i>Tabelle 60: Zuvorkommende Behandlung der Kursteilnehmer</i>	87
<i>Tabelle 61: Verständlichkeit und Umsetzbarkeit</i>	88
<i>Tabelle 62: Verständnisverbesserung durch die Lehr-DVD</i>	88
<i>Tabelle 63: Fragestellung: Sind die Kosten angemessen und nachvollziehbar?</i>	89
<i>Tabelle 64: Geeigneter Einstieg in die Mikrochirurgie</i>	90

III. Abkürzungsverzeichnis

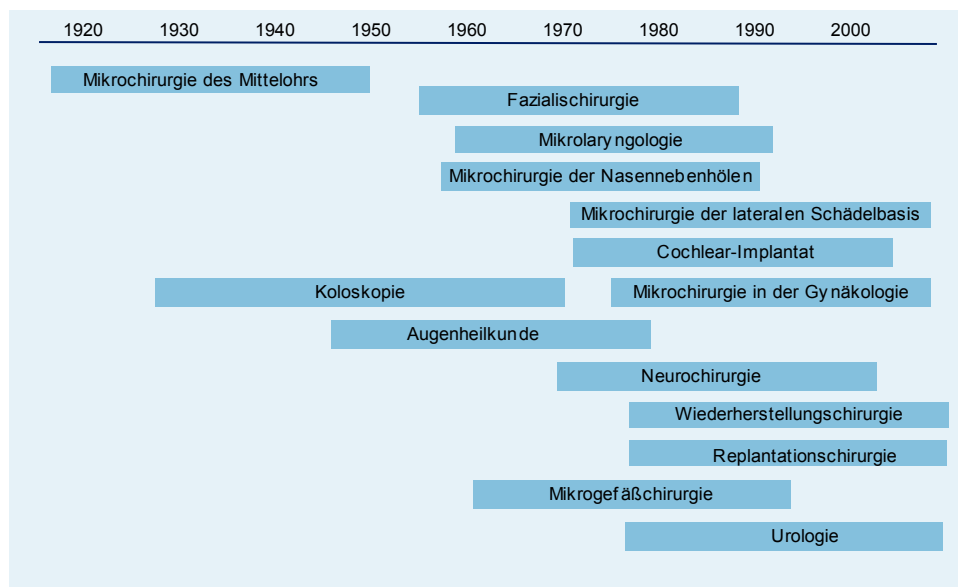
%	Prozent
3-D	dreidimensional
A.	Arterie
ca.	circa
cm	Zentimeter
cm ³	Kubikzentimeter
Dr.	Doktor
DVD	Digital Versatile Disc
etc.	et cetera
IHK	Industrie- und Handelskammer
IVC	Individually Ventilated Cage (einzelbelüfteter Käfig)
kg	Kilogramm
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
ml	Milliliter
min	Minuten
µm	Mikrometer
N.	Nerv
NaCl	Natriumchlorid
SPSS	Statistical Package for Social Science
V.	Vene
VDPC	Vereinigung der Deutschen Plastischen Chirurgen (heute umbenannt in: VDÄPC – Deutsche Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen)
z. B.	zum Beispiel

1. Einleitung

1.1 Historische Aspekte der Mikrochirurgie

Seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts wurde neben der makroskopischen Betrachtung des Operationsfeldes auch die mikroskopische Betrachtung immer wichtiger. Erst durch die Zusammenarbeit von Carl Zeiss und E. Abbe wurde es möglich, Systeme zu entwickeln, die sowohl eine maximale Vergrößerung als auch eine adäquate Beleuchtung erzielen.¹ Seit etwa 1920 trugen verschiedene Spezialisten unter anderem aus den Bereichen Gefäßchirurgie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Augenheilkunde, Neurochirurgie, Urologie zur Entwicklung der Mikrochirurgie, so wie sie heute praktiziert wird, bei.

Abbildung 01:² Beginn der Chirurgie unter dem Operationsmikroskop in unterschiedlichen Disziplinen



Quelle: Mielke, A. (2007)

¹ Mielke, A. (2007), S. 7-9

² Mielke, A. (2007), S. 3

Zunächst nutzte man die Möglichkeit des mikroskopischen Operierens in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde. Im Jahr 1921 führte C.O. Nylén³ die erste Mittelohroperation unter dem Operationsmikroskop durch. Durch die maximale Vergrößerung, die seit der Einführung des Mikroskops im Operationssaal möglich ist, kann man in allen chirurgischen Fächern kleinste Strukturen berücksichtigen und versorgen wie z.B. bei der Replantation eines Fingers, bei dem für die volle Funktionsfähigkeit die zu anastomosierenden Gefäße und Nerven so klein sind, dass es ohne Mikroskop nicht möglich wäre, sie zu sehen und zu versorgen.

1.2 Istzustand der Lehrmethodik in der Mikrochirurgie und Idee der Studie

Die Idee, ein DVD-gestütztes Lehrprogramm für mikrochirurgische Gefäßnahttechniken zu entwickeln, entstand aus dem Bedarf, ein solches noch nicht existentes Programm auf den Markt zu bringen, und aus der Überlegung heraus, wie die Situation eines zu anastomosierenden Gefäßes lebensnah und effektiv nachgestellt werden kann, ohne dabei auf Tierversuche zurückgreifen zu müssen.

Es existieren bereits einige auf Tierversuche basierende mikrochirurgische Kurse wie etwa der „Basic Microsurgical Skills Curriculum For The Plastic Surgeon“⁴. Dabei handelt es sich um ein 20-stündiges Trainingsprogramm, das sich über insgesamt drei Tage erstreckt. Am ersten Tag werden dort die Basics der Mikrochirurgie wie das Hantieren mikrochirurgischer Instrumente und das Knoten mit Blick durch ein Mikroskop geübt und anschließend End-to End- und Side-to-side-Anastomosen an elastischen Schläuchen aus Polytetrafluorethylen praktiziert. Bereits am zweiten Tag werden Ratten für das Üben am lebenden Objekt in den Kurs einbezogen, um End-to-End-Anastomosen an V. cava und A. femoralis herzustellen. In dem Artikel „Teaching laboratory Microsurgery“⁵ von Dean D. Ad-El wird ein Trainingsmodell beschrieben, in dem die

³ Mielke, A. (2007), S. 4

⁴ Korber, K., (1991), S. 810-811

⁵ Ad-El, D. Harper, A. Hoffman, L. (2000), S.42-44

Probanden nach Studieren der Anatomie der Ratte ohne vorangehende Übungen unter dem Mikroskop die hintere Extremität einer Ratte replantieren.

In einem weiteren Artikel aus dem Jahr 1998 mit dem Titel „Rat tail replantation as a training model for microvascular procedures of digit replantation“⁶ wird das Erlernen kleiner End-to-End-Anastomosen anhand der Replantation von Rattenschwänzen bevorzugt.

In einigen Trainingsmodellen gibt es Ansätze, die von Tierversuchen am lebenden Tier absehen, bis die Basics der Mikrochirurgie erlernt sind. In dem Artikel „Microsurgical Training with Surgical Gauze: The First Step“⁷ wird beispielsweise das Üben mikrochirurgischer Fähigkeiten an chirurgischen Kompressen empfohlen. Ein Vorteil sei dabei, dass man sich an dem Gitter der Gaze orientieren kann. Für den ersten Versuch am lebenden Tier wird geraten, vorab an Geflügel oder Placenta zu üben.

In einem weiteren Artikel „Basic Teaching in Microsurgery – an alternative Model for Teaching Microsurgery“⁸ wird ein mikrochirurgischer Kurs beschrieben, der in fünf Lerneinheiten unterteilt ist. In der ersten wird der Lernende mit den mikrochirurgischen Instrumenten vertraut gemacht, die zweite besteht aus dem Erlernen des Hantierens unter dem Mikroskop. Im dritten Schritt werden erste Nähte unter mikroskopischer Sicht angefertigt. Im vierten Abschnitt werden aus vorpräparierten tierischen Arterien Anastomosen angefertigt. Im fünften Abschnitt werden weitere Anastomosen an betäubten Ratten durchgeführt. Die Autoren des Artikels empfehlen, jeweils zwei Teilnehmer von einem Lehrer betreuen und den Kurs videoassistent abhalten zu lassen, das heißt, der Mikrochirurg operiert vor laufender Kamera, damit der Blick durch und das Hantieren unter dem Mikroskop zeitgleich von den Teilnehmern auf einem Monitor verfolgt werden kann.

Beim Replantieren eines Rattenschwanzes wie z. B. in der Studie von Feng Zhang⁹ lässt sich erst in einem „Second look“ nach zehn Tagen entscheiden,

⁶ Zhang, F. Chin, B. Ho, P. et al (1998), S. 364-367

⁷ Demirseren, M., Tosa, Y. Hosaka, Y. : (2003), S. 385-386

⁸ Mikó, I. Bráth, E. Furka, I. : (2001), S. 121-123

⁹ Vgl. Zhang, F. Chin, B. Ho, P. et al (1998), S. 364-367

ob die Anastomosen suffizient waren. Sollten sie sich als insuffizient herausstellen, kann ohne erneute Intervention nicht über den Fehler und die Ursachen des Fehlers diskutiert werden. Der Lerneffekt im Falle einer Insuffizienz wird im idealsten Fall zehn Tage später eintreten.

Die oben erwähnten Trainingsprogramme beinhalten jeweils nur Teilaspekte des neuen, in dieser Studie vorgestellten Trainingsmodells, da besagte Programme letztendlich nicht auf Tierversuche verzichten. Die Studie zur Evaluierung eines chirurgischen Lehrprogramms für mikrochirurgische Gefäßnahttechniken wurde entwickelt, um aufzuzeigen, dass mikrochirurgisches Arbeiten erlernt werden kann, ohne auf Tierversuche zurückgreifen zu müssen. Die sofortige Auswertung der aus frischen Hühnerschenkeln hergestellten Anastomosen – in Bezug auf die Hämodynamik – und das anschließend erneute Aufschneiden des Gefäßes und exakte Untersuchen auf die im Methodikteil genannten Punkte hin werden zeigen, ob das entwickelte Trainingsprogramm ausreicht, mikrochirurgische Fähigkeiten zu erwerben.¹⁰ So erhalten die Teilnehmer eine sofortige Rückmeldung über eine eventuelle Fehlerhaftigkeit ihrer angefertigten Anastomose, um eine stetige Verbesserung der Fertigkeiten der Teilnehmer zu garantieren.

Um das neu entwickelte Lehrmodell mit anderen Modellen vergleichen zu können, stellt jeder Teilnehmer – nach erfolgreichem Durchlaufen aller der hier vorgestellten und zu evaluierenden Lehreinheiten – an je einer Ratte eine Anastomose an Aorta, A. carotis und A. femoralis her. Die Studie geht davon aus, dass sich die erste in angemessener Zeit und in vivo hergestellte Anastomose als suffizient herausstellt. Bewahrheitet sich diese These, ist dieses neue Trainingsmodell als erfolgreich anzusehen, sodass in Zukunft auf Tierversuche verzichtet werden kann.

¹⁰ Galeano, M. Zarabini, A. (2001) S. 96-97

1.3 Aufbau der Studie

Teilaspekte der erwähnten Studien werden auch in diesem Lehrprogramm aufgegriffen. Allerdings kann dank der hier vorgestellten Lehrmethodik die Mikrochirurgie bis ins Detail erlernt werden, ohne dass auf lebende Versuchstiere zurückgegriffen werden muss. Als innovativ zu werten ist die Darstellung der Lerninhalte der im Programm integrierten DVD, die als wichtigsten Inhalt sowohl das Freipräparieren eines Gefäßes als auch die Anastomosenherstellung in Echtzeit leicht nachvollziehbar darstellt sowie eine sofortige Auswertung der hergestellten Anastomosen durch ein neuartiges Messsystem anbietet.

Die Studie beinhaltet drei Zielvorgaben:

- Verwendung des von Dr. Zulkowski entwickelten Rechner-gestützten Messsystems, das die Bedingungen des großen Kreislaufs im Körper und die Hämodynamik eines arteriellen Gefäßes mit ca. 1 mm Durchmesser nachstellt. Die Größen Durchflusswiderstand und Zeitvolumen werden beschrieben. Die Hämodynamik wird mit dem Messsystem vor der Durchtrennung und nach der mikrochirurgischen Wiederherstellung exakt gemessen. Bei jeder angefertigten Anastomose werden die Stichabstände exakt abgemessen.
- Entwicklung eines mikrochirurgischen Ausbildungsprogramms, basierend auf einer DVD, die sowohl in Echtzeit die Anastomosenherstellung an der A. femoralis des Huhns zeigt als auch – zum besseren Verständnis der Probanden – eine 3-D-Animation.
- Durchführung des Probandenkurses für mikrochirurgische Techniken, in dem die Teilnehmer in einzelnen Lektionen anhand von praktischen Übungen videoassistiert und mit der Lehr-DVD als Basis an das mikrochirurgische Arbeiten herangeführt werden.

Ziel der Studie ist erstens zu beweisen, dass die Grundlagen mikrochirurgischen Arbeitens ohne Intravitalmodell (Rattenexperimente) und ausschließlich durch den DVD-assistierten Kurs (beschrieben im Kapitel Methodik) suffizient zu erlernen sind.

Zweitens soll die chirurgische Qualität der erstellten Anastomosen, gemessen an den hämodynamischen und mechanischen Eigenschaften, nach Absolvieren des Kurses daraufhin getestet werden, ob sie für die klinische Anwendung hinreichend ist. Unter diesen Aspekten ist das Erlernen mikrochirurgischer Fähigkeiten wissenschaftlich noch nicht untersucht worden.

Das übergeordnete Ziel der Studie ist, zu beweisen, dass mit der Entwicklung und Etablierung eines innovativen Lehrprogramms die Grundlagen mikrochirurgischen praktischen Arbeitens geschaffen werden können. Dies setzt voraus, dass jeder Teilnehmer nach Absolvieren des Kurses die mikrochirurgischen Arbeitstechniken derart beherrscht, dass bei schweren Handverletzungen eine suffiziente Gefäßversorgung durchgeführt werden kann. Des Weiteren wird eine Reduzierung von Übungen an narkotisierten lebenden Tieren durch ein alternatives Trainingsmodell angestrebt. Diese Ziele sollen im Folgenden anhand der der Studie zugrunde liegenden Methodik untersucht werden.

2. Methodik

2.1 Die Lehr-DVD

Das Lehrvideo ist aus der Idee entstanden, eine Möglichkeit zu schaffen, mikrochirurgisches Arbeiten zu erlernen, ohne auf ein Intravitalmodell (Rattenexperimente) zurückgreifen zu müssen.

2.2 Verwendete Geräte und Programme

Der Lehrfilm wurde mit der Canon Videokamera Fluorite (20 x 3CCD) und dem Canon Videolens (20x, Zoom 4,2-84 mm, 1:1.6- 2,9 L, 15 Ø 58) gedreht. Kameraführung und Vertonung erfolgte durch J. Sander. Die im Film gezeigten praktischen Übungsanweisungen werden von Dr. med. R. Zulkowski durchgeführt.

Die einzelnen Videosequenzen wurden mithilfe des Programms Pinnacle 8 direkt am Computer geschnitten. Für die 3-D-Animation der End-zu-End-Anastomose kam das Programm Pinnacle 8 professional zum Einsatz. Als bald erfolgte das Brennen der fertig geschnittenen Sequenzen auf DVD. Die Menüführung der DVD erlaubt es, die einzelnen Kapitel der Lernsessions einzeln abzurufen und so oft anzusehen und durchzuarbeiten, bis sich der erwünschte Lernerfolg einstellt.

2.3 Lehrinhalte der DVD

In den folgenden Kapiteln wird das Lehrvideo vorgestellt. Die einzelnen visualisierten Arbeitsschritte werden textlich begleitet und teilweise sprachlich über ein Voice Over ergänzt. Der Titel eines jeden Kapitels wird zur besseren Orientierung als Überschrift in die laufende Sequenz eingeblendet.

2.3.1 Kapitel 1: Mikrochirurgische Instrumentenkunde

In diesem Kapitel werden die unterschiedlichen Ausführungen mikrochirurgischer Instrumente gezeigt und deren manuelle Handhabung erklärt.

Zu den Grundlagen mikrochirurgischen Arbeitens zählen:

- Mikrochirurgische Instrumente

In dieser Lehrsession wird der Teilnehmer mit den mikrochirurgischen Instrumenten vertraut gemacht. Das hier vorgestellte Sieb zeigt ein typisches mikrochirurgisches Set, bestehend aus diversen mikrochirurgischen Instrumenten. Sie unterscheiden sich in der Form des Griffes.

- Instrumente mit flachen Griffen

Hier finden sich einerseits Instrumente mit flachen Griffen, die eine zuverlässige stabile Führung in der Hand ermöglichen, und andererseits Instrumente mit gerundeten Griffen, die ein Rotieren des Instruments in der Hand des Operateurs während des Operierens begünstigen. Auch wenn viele unterschiedliche Ausführungen mikrochirurgischer Instrumente angeboten werden, werden nur einige wenige für die mikrochirurgische Anastomosenherstellung benötigt.

- Die mikrochirurgische Pinzette

Bei der mikrochirurgischen Pinzette hat sich die flache Bauart bewährt. Auch hier gibt es diverse Ausführungen mit verschiedenen Branchenstärken und entsprechend unterschiedlich guter Eignung zum Fassen von mikrochirurgischen Nadeln, Nahtfäden und Gewebe. Grundsätzlich sind für die Naht Pinzetten mit großer Branchenstärke besser geeignet. Nadel und Faden lassen sich hiermit besser fassen und fixieren.

- Mikrochirurgischer Nadelhalter

Ein ebenfalls unerlässliches Instrument ist der mikrochirurgische Nadelhalter. Es gibt verschiedenste Formen der Ausgestaltung. Zwei Modelle werden hier vorgestellt, die für mikrochirurgische Anastomosen geeignet sind.

Es ist weitgehend dem Operateur überlassen, ob er ein Modell mit flachen oder mit runden Branchen wählt. Es gibt Operateure, die flache Griffflächen bevorzugen, da sie einen sicheren Halt in der Hand ermöglichen. Andere schätzen runde Griffflächen, da sie ein Routieren des Instruments in der Hand ermöglichen beziehungsweise erleichtern.

- Mikrochirurgische Schere

Die mikrochirurgische Schere ist das dritte unverzichtbare Instrument. Sie kommt beim Beschneiden der Gefäßenden, beim Durchtrennen der Nahtfäden und teilweise auch bei der Gefäßpräparation zum Einsatz. Ihr technischer und optischer Aufbau ähnelt dem des Mikronadelhalters. Allerdings ist ihre Ausgestaltung für die manuelle Handhabung beim Operieren nicht so maßgeblich entscheidend wie die des Nadelhalters oder der Pinzette. Die manuelle Handhabung ist vergleichbar mit der eines Schreibinstruments oder einer herkömmlichen chirurgischen Pinzette: Daumen und Zeigefinger halten das Instrument, unterstützt durch den Mittelfinger. Die Federstahlspange liegt wie das Ende eines Schreibgeräts dorsal im ersten Interdigitalraums der Hand.

Neben den unbedingt benötigten Instrumenten (zwei mikrochirurgische Pinzetten, ein Nadelhalter, eine Mikroschere) sind für die Minimalausstattung noch Mikrogefäßklemmchen zu empfehlen.

- Mikrogefäßklemmchen

Hier sind exemplarisch drei Mikrogefäßklemmchen dargestellt, die für das Unterbinden des Blutflusses vor der Reanastomosierung beider Enden Verwendung finden.

Biemer-Klemmchen: Sie eignen sich sehr gut für den Einsatz bei kleineren Gefäßen mit einem Kaliber von etwa einem Millimeter, insbesondere bei Venen. Dargestellt ist ihre Anwendung mit der dazugehörigen Applikationspinzette.

Skurilgefäßklemmen: Sie eignen sich besonders gut für großkalibrigere Arterien, im Film ebenfalls mit speziellem Applikationsinstrument dargestellt.

Doppelklemme: Eine dritte sinnvolle Mikrogefäßklemme ist die hier gezeigte Doppelklemme. Sie ermöglicht das sichere Fassen und Positionieren der beiden zu anastomosierenden Gefäßenden.

2.3.2 Kapitel 2 : Erste Übungen am Latexhandschuh

Hier werden zuerst die in der Studie präsentierten und verwendeten Nahtmaterialstärken sowie die empfohlenen Vergrößerungen bei Lupenbrillen und Operationsmikroskopen vorgestellt. Anschließend wird eine mikrochirurgische Naht am Latexhandschuh demonstriert.

Zu sehen sind die üblich verwendeten Fadenstärken, links 8/0, in der Mitte 9/0 und rechts 10/0. Mikrochirurgisches Arbeiten mit diesen Fadenstärken ist sowohl unter Mikroskopen als auch mit geeigneten Lupenbrillen möglich. Für die ersten Versuche hat sich das Mikroskop durchgesetzt. In der klinischen Praxis ist es in vielen mikrochirurgischen Abteilungen jedoch üblich, Gefäßverletzungen mit einem Durchmesser ab 1 mm unter Zuhilfenahme von Lupenbrillen zu versorgen, da der Organisationsaufwand hierbei deutlich geringer ist.

Als am geeignetsten haben sich Lupenbrillen mit einer Auflösung zwischen 3 ½- und 6-facher Vergrößerung und einem Arbeitsabstand von mindestens 35 cm erwiesen.

Während Lupenbrillen herkömmlicher Bauart einen festen Abstand und eine feste Vergrößerung besitzen, lässt sich bei Operationsmikroskopen die Vergrößerung einstellen.

Eine große Vergrößerung, z. B. 10-fach eingestellt, erlaubt bei Gefäßen ein exaktes Durchstechen der Gefäßwand. Während der Knotenlegung sollte die Vergrößerung auf z. B. vierfach zurückgefahren werden, um eine bessere Übersicht und eine größere Tiefenschärfe zu erreichen. Für die eigenen Versuche wird empfohlen, mit der Möglichkeit verschiedener Vergrößerungen zu spielen, um ein Gefühl dafür zu entwickeln, welche Bedeutung in der späteren Praxis dargestelltes Bildfeld und Tiefenschärfe haben.

Man sieht die üblich verwendeten Fadenstärken noch einmal – links 8/0, in der Mitte 9/0 und rechts 10/0. Zum Vergleich ist oberhalb der Fäden eine Millimeterskala sichtbar.

Auch wenn die Unterschiede der Fadenstärke im Bild nicht gravierend erscheinen, ist die Qualität der Fäden für den Chirurgen deutlich zu unterscheiden. Ein 8/0 Faden ist für den Anfänger noch leicht zu handhaben, da er eine vergleichsweise hohe Reißfestigkeit besitzt und somit auch die Knotenlegung ohne dem Risiko, den Faden zu zerreißen, durchgeführt werden kann. Hier reicht das manuelle Gespür des Nichtgeübten aus. Dagegen erfordert der 10/0-Faden für das Anziehen des Fadens ein hohes Maß an manuellem Gespür, damit dieser nicht versehentlich reißt. Deswegen empfiehlt es sich, die ersten Übungen mit 8/0-Nahtmaterial durchzuführen. Wird diese Fadenstärke sicher beherrscht, kann für dieselben Übungen 9/0- und 10/0-Nahtmaterial verwendet werden.

Bei mikrochirurgischen Nähten wird üblicherweise eine Einzelknopfnahnt durchgeführt. Entsprechend sinnvoll ist für die erste mikrochirurgische Übung das Erstellen einer solchen.

Ziel dieser ersten grundlegenden Übungseinheit ist, nicht nur das Erstellen von mikrochirurgischen Einzelknopfnähten zu erlernen, sondern sich auch an das Arbeiten unter optischer Vergrößerung zu gewöhnen und ein Fingerspitzengefühl für die filigranen Instrumente und Fäden zu entwickeln.

Als Übungsmodell für die ersten Nahtversuche eignet sich eine Korkplatte, wie sie z.B. in Schreibwarengeschäften als Pin-Board angeboten wird. Empfohlen sind Korkplatten von einer Mindestkantenlänge von 20 bis 30 cm.

Auf dieser Platte lässt sich mit vier Pinnadeln ein 5 x 5cm großes Stück Latexhandschuh befestigen.

Ein ca. 2 cm langer Schnitt in der Mitte der aufgespannten Fläche eignet sich gut für die ersten Nahtversuche. Für mikrochirurgisches Arbeiten ist es besonders am Anfang unerlässlich, die Handkanten beider Hände beim Anfertigen der Naht abzustützen.

Diese Maßnahme unterstützt ein ruhiges, präzises Hantieren. Der Schnitttrand des Latexhandschuhs kann vorsichtig mit einer in der linken Hand geführten Mikropinzette gefasst werden. Mit der rechten Hand wird die Nadel ca. 1 mm vom Schnitttrand entfernt eingestochen und auf der Innenseite des Schnitttrands mit Pinzette oder wahlweise Nadelhalter entgegengenommen. Besonders wichtig beim Durchstechen des Materials ist, die Nadel entsprechend ihres Radius' durch das Gewebe zu führen, da sich diese sehr feine Nadel ansonsten verbiegen und brechen kann.

Nun wird die Nadel wieder mit dem Nadelhalter gefasst und auf der gegenüberliegenden Seite ebenfalls ca. 1 mm vom Schnitttrand entfernt zum Ausstich gebracht. Der Faden wird mit 2 Touren um die Pinzettenspitze gelegt. Nun wird das freie Fadenende mit der Pinzette gegriffen und der Faden im rechten Winkel zum Schnittspalt vorsichtig angezogen. Nach Anziehen des ersten Knotens wird – wie im Film dargestellt – die Nadel vom Nadelhalter gelöst und in die Pinzette übergeben.

Nun wird gegenläufig eine 1-tourige Schlinge um den Nadelhalter gelegt, das Fadenende mit dem Nadelhalter gegriffen und zwei Knoten gefühlvoll, aber fest angezogen. In einigen Veröffentlichungen wird je nach Autor beim Einsatz mikrochirurgischer Fäden ein dritter sichernder Knoten empfohlen.

Nach Anlegen eines solchen Knotens wird die Nadel im Situs idealerweise an einer Stelle abgelegt, wo sie auch leicht wieder aufgenommen werden kann. Der Nadelhalter wird aus der Hand gelegt, die Fadenenden werden mit einer Schere abgeschnitten. Die Fadenenden bleiben 1,5 mm über den Knoten stehen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Übung, in der die Nadel zwischen den einzelnen Knotenlegungen vom Nadelhalter in die Pinzette und wieder zurück gegeben wird, wichtig ist, um bei einer eventuellen Korrektur der Knotenanlage ein Überkreuzen der Hände zu vermeiden.

Nachdem die präzise Ausführung einer Einzelknopfnahrt an gewünschter Position hinreichend geübt werden konnte, wird ein weiterer Übungsschritt empfohlen: das Aneinanderreihen von Einzelknopfnähten in exakt gleichen, z.B. 2 mm großen Abständen zueinander. Denn den nachhaltigen Erfolg einer Anastomosenanlage garantieren unter anderem die im selben Abstand zueinander gesetzten Nähte.

2.3.3 Kapitel 3: Präparation der A. femoralis am Hühnerschenkel

In diesem Kapitel wird eine Präparieranleitung der A. femoralis an einem Hühnerschenkel dargestellt.

Da die grundlegende Technik der Einzelknopfnahrt nun beherrscht wird, können die ersten Gefäßnähte zu Übungszwecken durchgeführt werden.

Als gutes Modell für die Anastomosenanlage können Hühnerschenkelarterien verwendet werden. Der Zugang erfolgt von medial/ventral. Zunächst wird die A. femoralis, ausgehend vom Ligamentum inguinale, aufgesucht und zusammen mit dem N. femoralis dargestellt. Durch Präparation der Gefäßloge mithilfe eines 15-Skalpells und eines Spitzscherchens werden bereits erwähnte

anatomische Strukturen unter stumpfer Präparation freigelegt und aus dem Situs gewonnen.

Die A. femoralis wird auf diese Weise im Poplitealbereich mobilisiert. Eine weitere Präparation nach distal ist möglich. Allerdings reduziert sich dann das Gefäßkaliber im Poplitealbereich erheblich, sodass es nur noch bedingt für die Anastomosenherstellung geeignet ist.

Zur Vereinfachung der Präparation kann der mobilisierte Muskel reseziert werden.

Die Loge des Gefäßnervenbündels wird nun vollständig eröffnet, sodass Vene, Arterie und Nervus femoralis über die gesamte Länge des Oberschenkels freiliegen. Gezeigt wird der anatomiegerechte Verlauf der Femoralisstrukturen – die Vene, die Arterie und der Nerv. Die nicht benötigte Vene kann reseziert werden, was die Präparation der Arterie vereinfacht.

Nun wird die A. femoralis aus dem Situs herauspräpariert. Um kleinere Abgänge zu erhalten, wurde etwas paravasales Gewebe an der Arterie belassen.

Man sieht die aus dem Situs entnommene Arterie, die mit einer stumpfen Kanüle gespült wird. Auf diese Weise lässt sich die Durchgängigkeit des Gefäßes darstellen, ein Austrocknen des Gefäßes kann so verhindert werden. Wird die Arterie nicht sofort zur Erstellung von Anastomosen verwendet, muss sie in einer feuchten Kompresse aufbewahrt werden.

Während der gesamten Nahtübung ist darauf zu achten, das Gefäß mit einer mit Kochsalzlösung gefüllten Spritze feucht zu halten, da eine eingetrocknete Arterie sofort ihre Elastizität verliert. Dies ist in Analogie zur mikrochirurgischen Operation beim Menschen zu sehen, da auch hier ein Austrocknen mit großer Sorgfalt verhindert werden muss.

Nun beginnen die Teilnehmer des Kurses mit der eigenen Präparation.

Präparationsbegleitend ist die Möglichkeit gegeben, zur Orientierung sowie

Verbesserung der eigenen Fähig- und Fertigkeiten dieselbe Filmsequenz noch einmal anzusehen und bei Bedarf erneut durchzuarbeiten.

2.3.4 Kapitel 4: Systematisches Vorgehen bei einer mikrochirurgischen End-zu-End-Anastomose mit 3-D-Animation

Das systematische Vorgehen bei einer End-zu-End-Anastomose wird hier im Lehrvideo in einer 3-D-animierten Version plastisch dargestellt.

- Erste Einzelknopfnah

Sinnvollerweise erfolgt der erste Stich an der Hinterwand. Die Nadel wird knapp am Gefäßende von außen nach innen und das gegenüberliegende Ende von innen nach außen gestochen. So kommt der Knoten außerhalb des Gefäßlumens zum Liegen. Die Enden müssen sich bei Anlage des ersten Knotens spannungsfrei aneinander adaptieren lassen, da die Anastomosen, die unter Spannung angelegt sind, häufig zum Gefäßverschluss führen. Ist keine spannungsfreie Anlage der Anastomose möglich, kann versucht werden die Enden weiter zu mobilisieren. Wenn auch diese Maßnahme keinen Erfolg zeigt, muss ein Veneninterponat zur Überbrückung der Defektstrecke eingesetzt werden.

- Zweite Einzelknopfnah

Die zweite Einzelknopfnah wird mit 120 Grad Abstand zur ersten durchgeführt. Auch bei dieser Naht wird einer der Fäden lang gelassen.

- Dritte Einzelknopfnah

Die dritte Naht erfolgt idealerweise im selben Abstand zu den beiden bereits durchgeführten Nähten, sodass alle Nähte gleichmäßig im Abstand von 120 Grad zueinander um das Gefäß herum verteilt sind.

- Drehen des Gefäßes

Vorsichtig wird unter Zuhilfenahme zweier Mikropinzetten das Gefäß gedreht, sodass die Hinterwand oben zu liegen kommt. Zwischen den drei bereits angelegten Nähten erfolgen je nach Größe des Gefäßes zur Ergänzung der Anastomose ein bis drei weitere Nähte.

- Naht der Rückwand

Die Strecke zwischen den bereits erfolgten Nähten wird sinnvoll geteilt, um einen möglichst gleichmäßigen Abstand der einzelnen Nähte zueinander zu erzielen. Der Abstand der Stiche sollte einen Millimeter nicht wesentlich übersteigen.

- Rückwenden des Gefäßes

Anschließend wird das Gefäß vorsichtig in die ursprüngliche Position zurückgewendet, sodass die Vorderseite des Gefäßes nach oben zu liegen kommt. Zwischen den drei bereits angelegten Nähten erfolgen je nach Größe des Gefäßes zur Ergänzung der Anastomose ein bis drei weitere Nähte. Als letzter Schritt erfolgt das Abschneiden der Nahtfäden.

2.3.5 Kapitel 5: Erstellen einer mikrochirurgischen End-zu-End-Anastomose

Im Lehrvideo wird in den einzelnen Schritten das Erstellen einer End-zu-End-Anastomose gezeigt. Zur Unterstützung des Lerneffekts wird die 3-D-Animation in kleinerem Format parallel zu den gefilmten Abschnitten einer gefäßchirurgischen Naht abgespielt.

- Einspannen des Gefäßes in Halteclips

Zunächst wird das fertig präparierte Gefäß in die Halteclips eingespannt. Die Halteclips ersetzen den Situs des Patienten.

- Durchschneiden des Gefäßes

Man sieht, wie das Gefäß, das ca. 1,5 mm Durchmesser aufweist, zwischen zwei Halteclips eingespannt ist. Es wird nun mit einer Mikroschere durchgeschnitten. Um das Nähen des Gefäßes zu erleichtern, sollte der Schnitt möglichst in der Mitte zwischen den beiden Klemmen durchgeführt werden.

- Eröffnen des Gefäßlumens

Das Gefäßlumen wird nun unter Zuhilfenahme einer Mikropinzette eröffnet. Es wird mit den Branchen der Pinzette in das Lumen eingegangen, ohne die empfindliche Intima des Gefäßes zu verletzen.

- Dilatation und Spülen des Gefäßes

Mit einer stumpfen Kanüle mit Liquemin-Kochsalzlösung werden Koagel aus dem Gefäß gespült und das Gefäß zusätzlich geweitet.

- Anlegen der Biemer-Klemmchen

Nach dem Spülen erfolgt die zügige Anlage der Biemer-Klemmchen. Im realen Situs ist drauf zu achten, dass mehrere Millimeter zu den Gefäßenden hin freigelassen werden. Das erleichtert die Anastomosenbildung erheblich.

- Flüssigkeit mit Kompresse absaugen

Im realen Situs sind die beiden Enden noch mit Blut gefüllt. Das Blut wird mit einer trockenen Kompresse abgesaugt. Nun beginnt die eigentliche Gefäßnaht.

- Erste Einzelknopfnah

Sinnvollerweise erfolgt der erste Stich an der Hinterwand. Die Nadel wird knapp am Gefäßende von außen nach innen und das gegenüberliegende Ende von innen nach außen gestochen. So kommt der Knoten außerhalb des Gefäßlumens zum Liegen. Die Enden müssen sich bei Anlage des ersten Knotens spannungsfrei aneinander adaptieren lassen, da die Anastomosen die unter Spannung angelegt sind, häufig zum Gefäßverschluss führen. Ist keine spannungsfreie Anlage der Anastomose möglich, kann versucht werden die Enden weiter zu mobilisieren. Wenn auch diese Maßnahme keinen Erfolg zeigt, muss ein Veneninterponat zur Überbrückung der Defektstrecke eingesetzt werden.

- Vervollständigen des Stiches

Der Faden wird an der Nadel durchgezogen, da der Zug am Faden selbst diesen beschädigen kann. Wenn der Faden bis auf ein kleines letztes Stück durchgezogen ist, wird die Nadel im Gesichtsfeld abgelegt.

- Erster Knoten

Der Faden wird mit der Pinzette ca. 1,5 bis 2cm von der Durchstichstelle aufgenommen und in einer Rechtsdrehung um den Nadelhalter herumgeführt. Der Nadelhalter ergänzt die Bewegung. Jetzt ergreift der Nadelhalter das Ende des Fadens und beide Seiten ziehen in entgegengesetzte Richtung entlang des Gefäßverlaufs. Nun erfolgt die Anlage des zweiten gegenläufigen Knotens entsprechend vorhergegangener Übungen.

- Abschneiden der Nahtfäden

Es erfolgt das Abschneiden der Nahtfäden. Sinnvollerweise wird einer der beiden Fäden lang gelassen. Er dient später als Hilfsmittel zum Drehen.

- Zweite Einzelknopfnahrt

Die zweite Einzelknopfnahrt wird mit 120 Grad Abstand zur ersten durchgeführt. Auch bei dieser Naht wird einer der Fäden lang gelassen.

- Dritte Einzelknopfnahrt

Die dritte Naht erfolgt idealerweise im selben Abstand zu den beiden schon durchgeführten Nähten, sodass die Nähte gleichmäßig im Abstand von 120 Grad um das Gefäß herum verteilt sind.

- Drehen des Gefäßes

Vorsichtig wird unter Zuhilfenahme zweier Mikropinzetten das Gefäß gedreht, sodass die Hinterwand oben zu liegen kommt. Steht ein helfender Assistent zur Verfügung, kann idealerweise die Rückwand von diesem an den langen Nahtfäden hochgehoben und aufgespannt werden, sodass das Risiko gemindert wird, bei den Stichen an der Rückwand die Vorderwand mit anzunähen. Zwischen den drei bereits angelegten Nähten erfolgen je nach Größe des Gefäßes zur Ergänzung der Anastomose ein bis drei weitere Nähte.

- Naht der Rückwand

Die Strecke zwischen den bereits erfolgten Nähten muss sinnvoll geteilt werden, um einen möglichst gleichmäßigen Abstand der einzelnen Nähte zu erzielen. Der Abstand der Stiche sollte einen Millimeter nicht wesentlich übersteigen.

- Rückwenden des Gefäßes

Anschließend wird das Gefäß vorsichtig in die ursprüngliche Position zurückgewendet, dass die Vorderseite des Gefäßes oben zu liegen kommt.

- Naht der Vorderwand

Nach dem Rückwenden des Gefäßes sollte kontrolliert werden, dass keine Stiche an der Rückwand die Vorderwand mit erfasst haben, sodass das Lumen nicht teilweise oder ganz verschlossen ist. Als letzter Schritt erfolgt das Abschneiden der Nahtfäden.

2.4 Pilotkurs

Der Pilotkurs wird durchgeführt, um herauszufinden, ob alle für eine statistische Auswertung benötigten Informationen zu gewinnen sind. Voraussetzung für den Pilotkurs sind: die fertige Lehr-DVD, ausreichend mikrochirurgische Instrumente, Nahtmaterial, Lupenbrillen, Operationsmikroskope, sechs geeignete Probanden (sechs Teilnehmer, Assistenten der Chirurgie, im 1. bis 3. Ausbildungsjahr) und die Genehmigung für den abschließenden Tierversuch. Der Kurs dauert drei Tage und orientiert sich im Aufbau an der Lehr-DVD in folgenden Schritten:

1. Instrumente und Handhabung
2. Nahtmaterial
3. Lupenbrille und Mikroskop
4. Nahtübungen am Latexhandschuh
5. Präparation der A. femoralis vom Huhn
6. Anastomosenanlage im Modell
7. Praktische Übungen zur Anastomosenanlage
8. Abschließende Übung an der Ratte

Der Pilotkurs hat zum Ziel, die Qualität des neuen Lehrprogramms zu testen und entsprechend das erfolgreiche Durchführen eines derart gestalteten Kurses zu beweisen.

Die Qualität des Kurses wird anhand des Erfolgs der Teilnehmer ermittelt, der wiederum mithilfe zweier Faktoren, Zeitbedarf und Widerstandszunahme im Gefäß, bei Anastomosenanlage gemessen wird.

Mit dem dafür von Dr. Rene Zulkowski entwickelten Messsystem wird die Widerstandszunahme einer jeden einzelnen angelegten Anastomose gemessen. Die Tatsache, dass der Zeitbedarf und die Widerstandszunahme von jedem einzelnen Probanden im Verlauf der Versuche sank, beweist, dass der Kurs den gewünschten Erfolg – das Erstellen einer suffizienten Anastomose – liefert.

Somit kann ein Kurs in diesem Stile durchgeführt und die Daten entsprechend gesammelt werden, sodass eine statistische Auswertung erfolgen kann. Der Pilotkurs, inklusiver erfolgreicher Auswertung, wurde auf zwei Kongressen der Vereinigung Deutscher Plastischer Chirurgen veröffentlicht.

Nach erfolgreicher Durchführung des Pilotkurses sind somit die Kriterien erfüllt, den I. Münchner Mikrochirurgischen Operationskurs zu halten.

3. I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs

Der I. Münchner Mikrochirurgische Operationskurs fand vom 14.02.2005 bis 16.02.2005 in der Chirurgischen Klinik- und Poliklinik der Innenstadt, München, statt. Voraussetzung für eine Teilnahme am Kurs war, dass ein Proband, also Kursteilnehmer, mindestens zwei Jahre, jedoch höchstens acht Jahre chirurgische Erfahrung mitbringt. Im Durchschnitt hatten die Teilnehmer in dem Kurs 3,25 Jahre Berufserfahrung in der Chirurgie. Insgesamt nahmen 17 Teilnehmer an dem I. Münchner Mikrochirurgischen Operationskurs teil.

Abbildung 02: Programmheft

I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs
 Ein innovatives, tierversuchsparendes Konzept
 Unterstützt durch videobasiertes Lehrprogramm

14. - 16. Februar 2005

Plastische Chirurgie und Handchirurgie
 (Leiter: Prof. Dr. med. W. Stock)

Chirurgische Klinik und Poliklinik - Innenstadt
 Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München
 (Direktor: Prof. Dr. med. W. Mutschler)

Programm und Informationsbroschüre

in Zusammenarbeit mit
 Abteilung für experimentelle Chirurgie, LMU München
 Tierschutzbeauftragter Dr. Scheuber

LMU I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs – 14.02. - 16.02.2005
 Abteilung für Plastische und Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
 Klinikum Innenstadt der LMU München

Programm Montag 14.02.05

09.00 - 17.00

Uhrzeit
 09.00 - 09.10 Begrüßung durch Prof. Dr. Stock & Einschreibung
 09.10 - 09.15 Organisatorische Hinweise (Zulkowski)
 09.15 - 09.25 Verwendung von Mikroskop und Lupenbrille (Zulkowski)
 09.25 - 09.35 DVD: Instrumentenkunde

09.35 - 10.30 Erste Nahtübungen Latex

10.30 - 11.00 – Kaffeepause mit Frühstück –
 Besuch der Industrieausstellung

11.00 - 11.10 Entstehung und Anwendung der Mikrochirurgie (Stock)
 11.10 - 11.20 Die Arteriennaht (Zulkowski)
 11.20 - 11.30 Die Nervennaht (Deiler)
 11.30 - 11.40 DVD: Huhnpräparation

11.40 - 12.30 Huhnpräparation 3 Stück

12.30 - 14.00 – Mittagessen –
 Besuch der Industrieausstellung

14.00 - 14.30 3D Animation & DVD: Gefäßnaht

14.30 - 17.00 3 - 5 Gefäßnähte Huhn und Messungen

– gemeinsames Abendessen –
 Ort wird bekannt gegeben

LMU I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs – 14.02. - 16.02.2005
 Abteilung für Plastische und Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
 Klinikum Innenstadt der LMU München

Programm Dienstag 15.02.05

09.00 - 17.00

Uhrzeit
 09.00 - 09.10 Handverletzungen mit Gefäß – Nervenbeteiligung
 (Kunzelmann)
 09.10 - 09.20 Die Replantation (Hellers)
 09.30 - 09.45 Monitoring und Therapie nach Mikrovaskulärtherapie
 (Zulkowski)
 09.45 - 10.15 DVD: Huhnpräparation

10.15 - 10.45 – Kaffeepause mit Frühstück –
 Besuch der Industrieausstellung

10.45 - 11.00 DVD: Gefäßnaht
11.00 - 12.30 3 - 5 Gefäßnähte Huhn und Messungen

12.30 - 14.00 – Mittagessen –
 Besuch der Industrieausstellung

14.00 - 14.10 Vorstellung Radialislapfen (Fuchs)
 14.10 - 14.20 Vorstellung Latissimuslapfen (Zulkowski)
 14.20 - 14.30 Vorstellung DIEP-Lappen (Deiler)

14.30-15.00 Huhnpräparation 3 Stück
15.00 - 17.00 3 - 5 Gefäßnähte Huhn und Messungen

LMU I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs – 14.02. - 16.02.2005
 Abteilung für Plastische und Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
 Klinikum Innenstadt der LMU München

Programm Mittwoch 16.02.05

08.00 - 16.00

Uhrzeit
 08.00 - 08.10 Anmerkungen zum Tierschutz (Scheuber)
 08.10 - 08.30 Anatomie der Ratte und Präparation A. Femoralis (Fuchs)

08.30 - 09.00 – Kaffeepause mit Frühstück –
 Besuch der Industrieausstellung

**09.00 - 11.00 Präparation und Nahtübung A. Femoralis
 2 Gefäßnähte**

11.00 - 11.15 – Pause –
 Besuch der Industrieausstellung

11.15 - 11.30 Anatomie der Ratte und Präparation A. Jugularis (Fuchs)

**11.30 - 13.30 Präparation und Nahtübung A. Jugularis
 2 Gefäßnähte**

13.30 - 14.30 – Mittagessen –
 Besuch der Industrieausstellung

14.30 - 14.40 Anatomie der Ratte und Präparation Aorta (Fuchs)

14.40 - 16.00 Präparation und Nahtübung Aorta

16.00 Ausgabe der Kursbescheinigung

LMU I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs – 14.02. - 16.02.2005
 Abteilung für Plastische und Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
 Klinikum Innenstadt der LMU München

Organisatorische Hinweise zum Operationskurs

Informationen zur Anmeldung

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr. med. W. Stock
Organisation: Mitarbeiter der Hand- und Plastischen Chirurgie, Dr. med. R. Zulkowski

Auskunft / Anmeldung*: Sekretariat Prof. Dr. med. W. Stock
 Plastische Chirurgie und Handchirurgie
 Chirurgische Klinik und Poliklinik – Innenstadt
 Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität
 München, Nußbaumstr. 20, 80336 München
Telefon: 089 / 51 60 26 97
Fax: 089 / 51 60 44 01
E-Mail: wolfgang.stock@med.uni-muenchen.de
Internet: www.professor-stock.de

Teilnahmegebühren: € 420,-
Inklusive: wissenschaftlichen Vorträgen, Kurskript, Präparationsübungen am Hühnerschenkel und Ratte am Operationsmikroskop, Kaffeepausen und Mittagessen
 (begrenzte Teilnehmerzahl, Teilnahme nur nach vorheriger Zahlung möglich!)

Überweisung bitte an: Bank: Postbank München
 Bankleitzahl: 700 100 800
 Kontonummer: 960 845-803
 Verwendungszweck: „Dr. W. Stock, Handkurs 05“

Hotelreservierung: Fremdenverkehrsamt München
 Postfach, 80331 München
 Telefon: 089 / 233 03 00 oder 194 33

* Weitere Informationen mit endgültigem Programm und den geladenen Referenten senden wir Ihnen gerne zu. Sollten Sie weitere Fragen haben, stehen wir Ihnen selbstverständlich per Telefon, Fax oder E-Mail zur Verfügung.

LMU I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs – 14.02. - 16.02.2005
 Abteilung für Plastische und Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
 Klinikum Innenstadt der LMU München

I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs

14. - 16. Februar 2005
 Plastische und Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
 Klinikum Innenstadt der LMU München

Themen

- Entstehung und Anwendung der Mikrochirurgie
- Anwendung bei Handverletzungen und ausgewählten Lappenplastiken
- Bedeutung und Anwendung der Mikrochirurgie bei der Replantation
- Mikrochirurgische Instrumentenkunde
- Verwendung und Arbeiten mit Operationsmikroskop und Lupenbrille
- Techniken der Arterien – und Nervenbahn
- Nahtübungen am Latexhandschuh
- Präparation der A. Femoralis am Hühnerschenkel mit Anastomosennaht
- Präparation der A. Carotis, der A. Femoralis und der Aorta an der lebenden Ratte mit anschließender Anastomosennaht in situ

➔ **Alle Anastomosen werden auf ihre Durchgängigkeit mit einer speziellen Meßmethode überprüft**

➔ **Der ganze Kurs wird durch eine auf jeden Kursteil abgestimmte Lehr-DVD medial unterstützt**

Auskunft und Anmeldung
 Sekretariat Professor Dr. Stock
 Chirurgische Klinik und Poliklinik
 Standort Innenstadt
 Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität
 Pettenkoferstrasse 8a
 80336 München

Telefon: 089 / 51 60 26 97
Telefax: 089 / 51 60 44 01
Internet: www.professor-stock.de
E-Mail: wolfgang.stock@med.uni-muenchen.de

LMU I. Münchner Mikrochirurgischer Operationskurs – 14.02. - 16.02.2005
 Abteilung für Plastische und Ästhetische Chirurgie, Handchirurgie
 Klinikum Innenstadt der LMU München

Abbildung 03: Raum für den Mikrochirurgie-Kurs

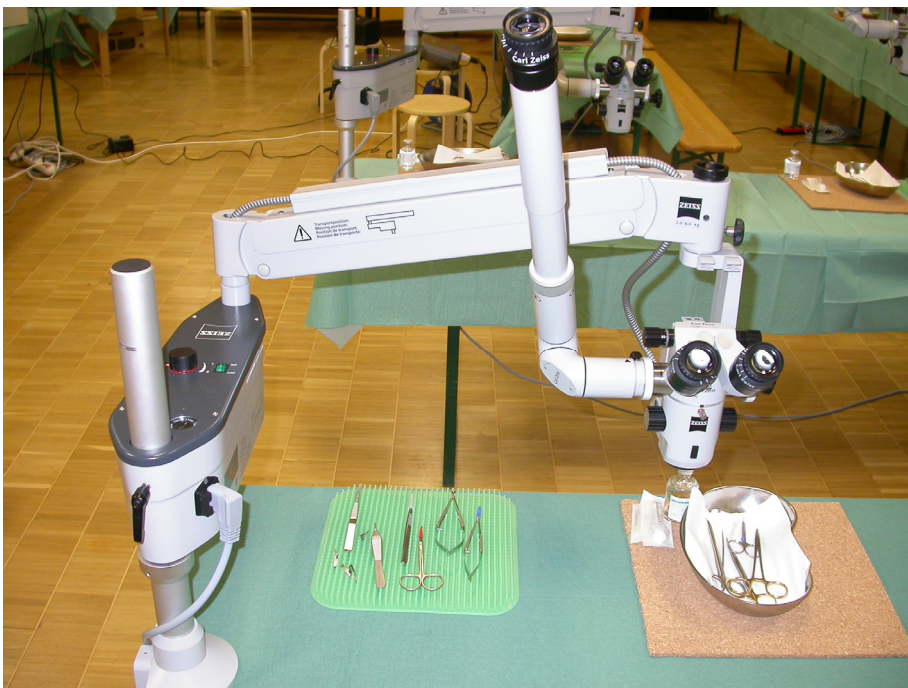


Abbildung 04: Der Kursverlauf



Die Operationsmikroskope wurden von der Firma Zeiss bereitgestellt. Es handelte sich hierbei um das Stereomikroskop Stemi SV6 Apochromat (Zoom 6:1). Jeder Proband verfügte während des Kurses über sein eigenes Mikroskop.

Abbildung 05: Das Mikroskop



Jeder Proband erhielt zu Kursbeginn eine Korkplatte, ausreichend Heftzwecken, Handschuhe, ein mikrochirurgisches Set von dem Hersteller Normed mit je zwei mikrochirurgischen Pinzetten einem mikrochirurgischen Nadelhalter, einer mikrochirurgischen Schere, 4 Biemer-Klemmchen, 250 ml NaCl 0,9 % und Spritzen mit einem Fassungsvermögen von 10 ml.

Abbildung 06: Das mikrochirurgische Besteck



Außerdem stand ausreichend Nahtmaterial in den Stärken 8/0, 9/0 und 10/0 frei zur Verfügung. Zudem erhielt jeder Proband zehn Hühnerschenkel zur Präparation und je eine Ratte für den Abschlusstest.

Das Kursprogramm beinhaltete Fachvorträge externer und interner Fachärzte aus der Hand- und Plastischen Chirurgie. Die Vorlage des Kursablaufs orientierte sich an der Lehr-DVD ¹¹.

¹¹ Vgl. Kapitel 2.1. Lehrinhalte der DVD

3.1 Experimentelles Protokoll

An unserer Studie nahmen von 20 ursprünglich angemeldeten 17 Probanden teil, von denen 13 den Einschlusskriterien genügten und bei der Ergebnisauswertung berücksichtigt werden konnten. Jeder der Teilnehmer stellte 5 bis 7 Anastomosen der A. femoralis des Huhns, je eine Anastomose an der A. jugularis und der Aorta der Versuchsratte her. Alle Probanden mussten die vier folgenden Versuche durchführen.

Versuch 1: Der Durchflussdruck in mmHg der intakten Arterie wird gemessen. Anschließend wird sie vom Probanden quer zerschnitten, und es erfolgt die Anlage einer Anastomose. Danach wird der Druck im Gefäß erneut gemessen.

Versuch 2: Die genähte Anastomose wird der Länge nach aufgeschnitten und die Abstände der Einzelknopfnähte mit der Mikroskopkamera AxioCAM MRc5 von Zeiss fotografiert und vermessen.

Versuch 3: Die Teilnehmer stoppen bei jeder Anastomosenanlage den Zeitaufwand.

Versuch 4: Jeder Teilnehmer füllt den am Schluss ausgegebenen Evaluationsbogen anonym aus.

3.1.1 Auswertung und Ergebnisermittlung

Folgende Kriterien erzwangen einen Ausschluss von der Ergebnisauswertung. Unter den 96 durchgeführten Einzelversuchen traten bei 18 Versuchen folgende Ausschlusskriterien auf:

- Nicht abgegebene Arterien,
- Arterien, die durch eine Substanz (Sekundenkleber) oder ein mechanisches Vorgehen zerstört wurden,
- Teilnehmer, die den Kurs nicht bis zum Schluss besuchten und somit unter der Mindestmenge von fünf abgegebenen Arterien lagen.

Die ermittelten Daten wurden zeitgleich während des I. Münchner Mikrochirurgischen Operationskurs in eine Tabelle eingepflegt und entsprechend dokumentiert.

Für die statistische Analyse und die grafische Darstellung der Ergebnisse wurde das Computerprogramm SPSS (Statistical Package for Social Science) verwendet.

Jeder Versuch der 13 Probanden wurde einzeln analysiert. Zu den Parametern des Versuchs zählen die Abweichung der Stichabstände vom Standardstichabstand (gemessen in μm), die Widerstandszunahme (gemessen in %) und der Zeitbedarf (gemessen in min).

Des Weiteren wurde eine Gesamtanalyse über alle Versuche für jeden einzelnen Versuchsparameter erstellt. Die Korrelationsanalyse (Standardabweichung versus Widerstandszunahme von allen gemessenen Anastomosen) wurde anhand des Pearsonkorrelationskoeffizienten getestet. Die Nullhypothese wurde bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$ verworfen (0,036). Die Daten des anonymen Evaluationsbogens flossen in die Gesamtanalyse für alle Probanden, aufgeteilt nach den Evaluationskriterien, ein.

4. Material

4.1 Hühnerschenkel

Als Nahtübungsgefäß wurde entschieden die A. femoralis des Huhns zu verwenden, da sie von der Konsistenz eine ähnliche Beschaffenheit hat wie die Gefäße einer menschlichen Hand und sie zudem jederzeit käuflich einfach zu erwerben ist. Zusätzlich kann das Herauspräparieren vor Erstellen einer Anastomose geübt werden.

Abbildung 07: Hühnerschenkel mit A. V. und N. femoralis



4.2 Die Sprague-Dawley-Ratte (Versuchstiere)

Der Goldstandard zum Erlernen von mikrochirurgischen Gefäßnähten ist noch immer die Gefäßnaht an der Femoralarterie, der Jugulararterie und der Aorta der Ratte.

Das Kursprogramm des I. Münchner Mikrochirurgischen Operationskurses ermöglicht das Erlernen mikrochirurgischen Arbeiten ohne Einsatz eines Intravitalmodells.

Um die erfolgreiche Umsetzung dieses Kurses zu beweisen, ist es dennoch einmalig vonnöten, einen abschließenden Test an einer Ratte durchzuführen. Nur so kann nachgewiesen werden, dass die angelegten Anastomosen suffizient sind, auch wenn vorher ausschließlich am Modell gearbeitet wurde.

Die Tierversuchsgenehmigung, gestellt von Dr. med. Zulkowski und Professor Dr. Stock, ist nach Begutachtung durch die Regierung von Oberbayern erteilt worden.

Für die abschließenden Gefäßnähte an der A. femoralis, der A. jugularis und der Aorta wurden 26 weibliche Sprague-Dawley-Ratten, 6 im Pilotprojekt und 20 im I. Münchner Mikrochirurgischen Operationskurs, mit einem Körpergewicht von 270 bis 300 g verwendet. Die Sprague-Dawley-Ratte ist eine Albinoform der norwegischen Wanderratte und eignet sich durch ihre geringe Schreckhaftigkeit und Umweltempfindlichkeit sehr gut als Versuchstier. Die verwendeten Tiere stammen aus Janvier, Frankreich. Gesundheitszeugnisse lagen für jedes Tier bei, die tierärztliche Kontrolle erfolgte durch den tierärztlichen Versuchsleiter der LMU Dr. Peter Scheuber.

Die Tiere wurden zu viert in IVC-Käfigen mit einer Größe von 1500 cm³ artgerecht gehalten, zwischen dem Transport und dem eigentlichen Versuch lagen acht Tage. Die Temperatur in den Käfigen betrug je 20°C bei einer Luftfeuchtigkeit von 55 bis 65 Prozent und individueller Ventilation.

Die Tiere hatten freien Zugang zum Rattenhaltungsfutter von Sniff und wurden bis zum Versuchtag und während der Zeit der Sedierung von qualifizierten Versuchstierpflegern mit IHK-Abschluss betreut.

Sowohl die Haltung der Versuchstiere als auch die Durchführung der Versuche wurden unter strenger Einhaltung des Tierschutzgesetzes durchgeführt.

Die Versuchsnarkose führte der tierärztliche Versuchsleiter Dr. Scheuber mit 0,25-0,5 ml/kg Körpergewicht Medetomidin s.c. und 0,6-0,75ml/kg Körpergewicht Ketamin 10 % s.c. durch.

Sobald eine ausreichende Anästhesietiefe erreicht war, fixierte man die Tiere mit Klebestreifen in Rückenlage auf eine Platte. Anschließend wurde die Präparation der A. jugularis und der Aorta durchgeführt, eine Anastomosennaht konnte nun erfolgen.

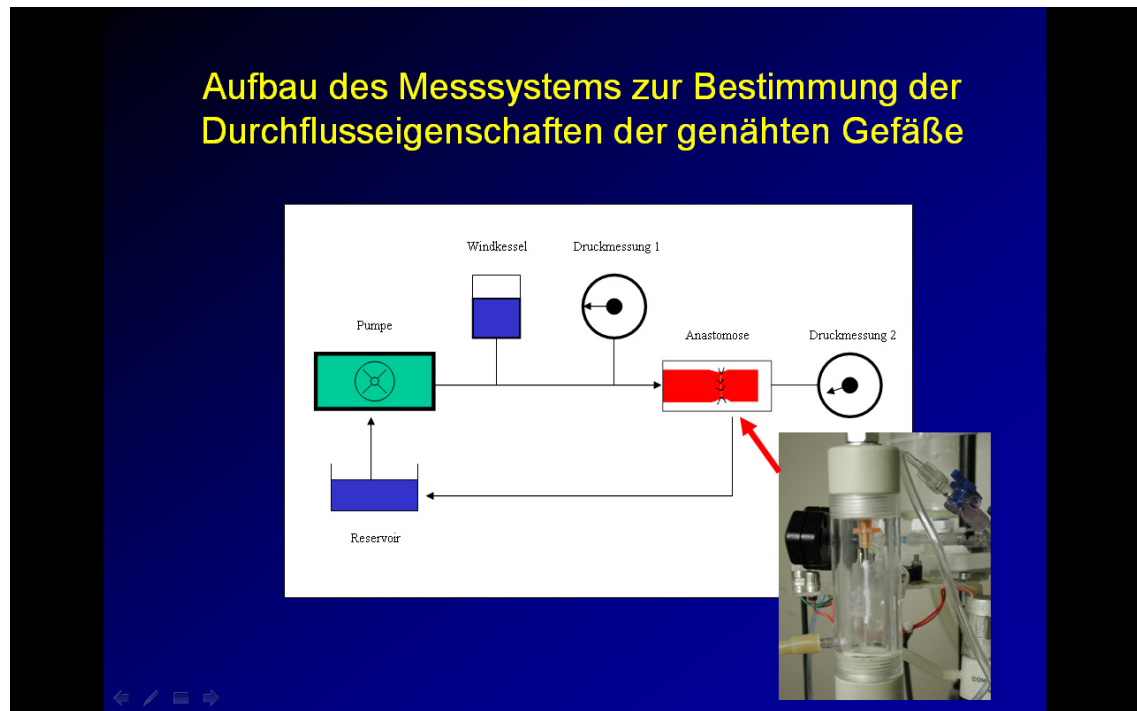
Abbildung 08: Ratte mit offenem Situs beim Abschlusstest



1. Gefäß für die Anastomosenanalyse
2. Windkessel
3. Heizung für Messflüssigkeit und Wärmetauscher
4. Pumpe für Heizflüssigkeit
5. Anzeigeeinheit für Druckmesseinheit präanastomotischer Druck
6. Kalibrierung für postanastomotische Druckmesseinheit
7. Schalteinheit für elektrisches Durchflussventil
8. Temperaturanzeige für Messflüssigkeit
9. Anzeigeeinheit für Durchflussvolumen der Messflüssigkeit
10. Konstantvolumenpumpe für Messflüssigkeit (elektronisch geregelt)
11. Spannungskalibrierung für postanastomotische Druckmesseinheit
12. Anzeigeeinheit für postanastomotische Druckmessung
13. Analoge Datenschreiber für prä- und postanastomotische Druckmessung
14. Temperaturregelung für die Heizung der Messflüssigkeit

Dieses Messsystem stellt exakt die Bedingungen des großen Kreislaufs des Körpers nach und beschreibt die Hämodynamik eines arteriellen Gefäßes mit ca. 1 mm Durchmesser mit den Größen Durchflusswiderstand und Zeitvolumen.

Abbildung 10: Grafische Darstellung des Messsystems



Erklärung zur Grafik:

Die Pumpe holt die Messflüssigkeit aus dem Reservoir, sie wird über den Windkessel druckstabilisiert. Danach folgt die präanastomotische Druckmessung. Nach Durchfluss durch die Anastomose wird der postanastomotische Druck gemessen, hiernach gelangt die Messflüssigkeit wieder ins Reservoir. Die Differenz zwischen dem präanastomotischen Druck und dem postanastomotischen Druck ist der entscheidende Messparameter, der Aufschluss über den Durchflusswiderstand bei konstant gehaltenem Durchflussvolumen gibt. Pro Proband wurden 5 bis 7 Arterien jeweils vor und nach der Anastomosennaht gemessen. Zur Messung selbst wurde die Arterie auf eine genormte Kanüle aufgezogen und mit einem Tropfen Sekundenkleber befestigt. So lässt sich ermitteln, inwieweit der Durchflusswiderstand steigt, sinkt oder gleichbleibt (suffiziente Anastomose). Die Ergebnisse zeigen an, ob

es sich um einen eventuellen Hinterwanddurchstich (Druck steigt) oder um eine insuffizient angelegte Anastomosennaht (Druck sinkt) handelt.

Abbildung 11: Suffiziente Anastomose

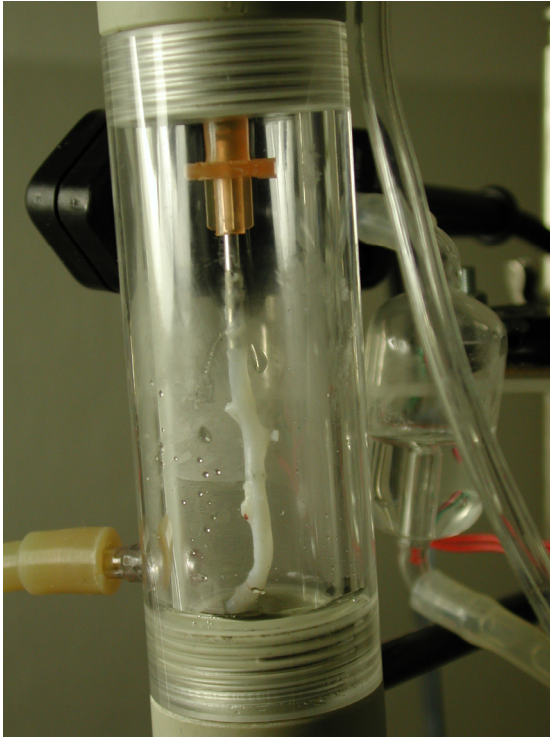


Abbildung 12: Insuffiziente Anastomose



4.4 Die optische Auswertung

Jede einzelne anastomosierte Arterie wurde für die Statistik optisch ausgewertet. Das bedeutet, jede genähte Arterie wurde sowohl geschlossen als auch offen – nach Aufschneiden – von außen und von luminal mit der Mikroskopkamera (AxioCAM MR) von Zeiss fotografiert. Anschließend wurde der Abstand zwischen den Einzelknopfnähten vermessen.

Abbildung 13: Anastomose

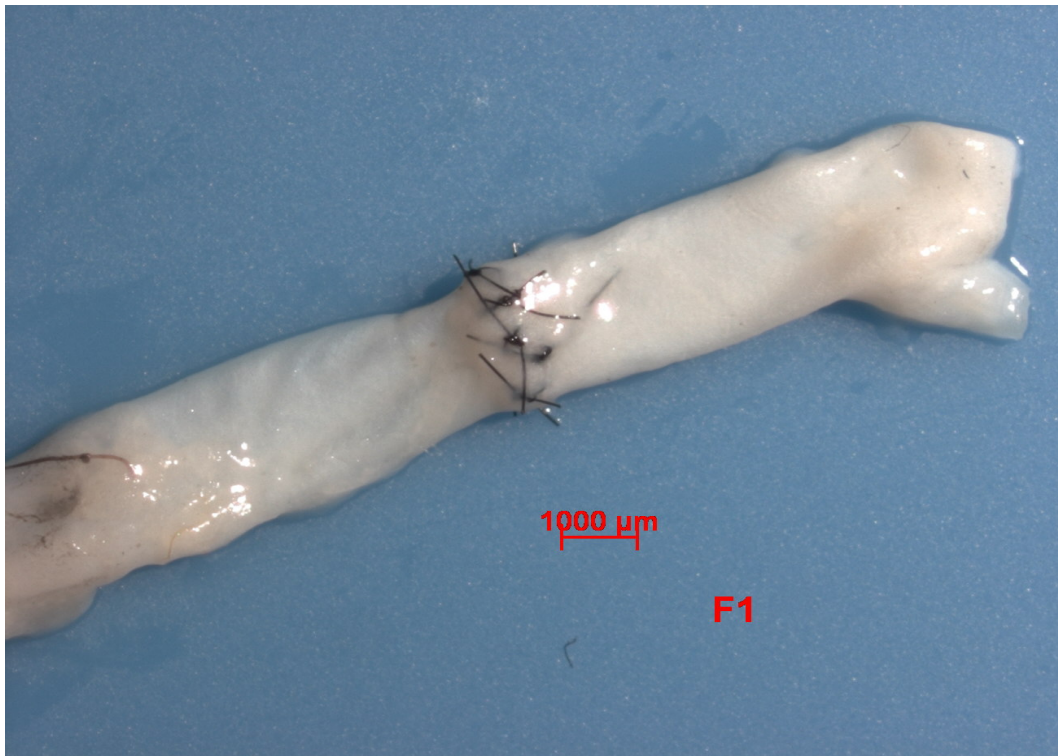
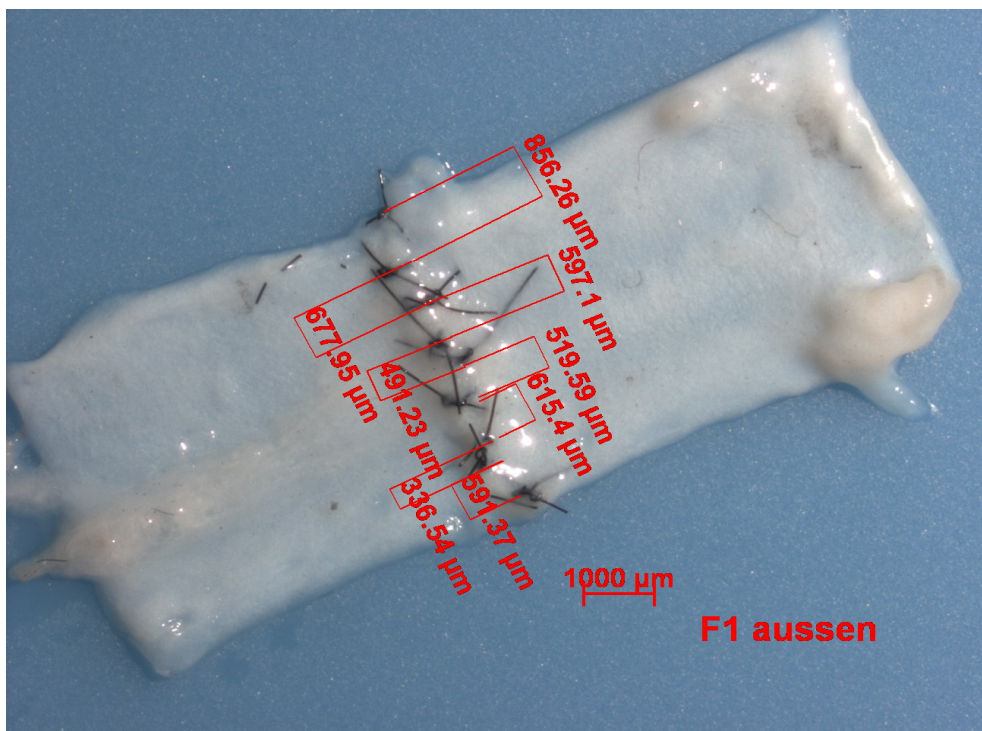


Abbildung 14: Anastomose, lumenale Ansicht



Abbildung 15: Anastomose von außen mit Vermessung der Abstände der Einzelknopfnähte



5. Analyse der Probandenarbeit

Die Arbeit jedes Probanden wird in Bezug auf drei Punkte untersucht.

Erstens: Die Standardabweichung der Stichabstände vom Mittelwert in μm , um herauszufinden, wie regelmäßig der Proband die Stiche setzt.

Zweitens: Die Widerstandszunahme in Prozent, um herauszufinden, ob das Gefäß zu stark gerafft oder die Hinterwand versehentlich mit angenäht wird.

Einerseits hätte das zur Folge, dass der Druck im Gefäß zu hoch und die Naht insuffizient werden würde und andererseits zu wenig Blut durch das Gefäß fließen würde, um das dahinter liegende Gebiet ausreichend zu versorgen.

Drittens: Der Zeitbedarf, um herauszufinden, in welchem optimalen Verhältnis präzises mikrochirurgisches Arbeiten und zeitgerechtes mikrochirurgischen Arbeitens zueinander liegen.

Diese drei Punkte sind als Einzelanalysen beschrieben. Die Ergebnisse der Einzelanalysen werden den Probanden sofort nach der Analyse mitgeteilt, damit die gemachten Fehler nicht wiederholt werden und ein möglichst großer Lerneffekt erzielt wird.

Für jeden einzelnen der drei Punkte folgen im Anschluss die Gesamtanalysen, in der alle Ergebnisse der Probanden miteinander verglichen und ausgewertet werden.

5.1 Proband A – Einzelanalysen

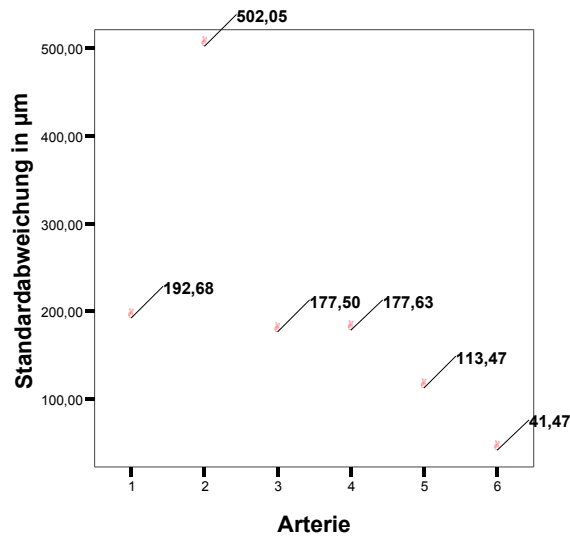
Tabelle 01: Proband A – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
N gültig	8	3	5	5	4	8
Mittelwert	402,4200	1017,130	838,1000	374,6780	550,7750	442,8513
Median	389,0750	878,5100	748,6000	320,2500	601,9350	452,9650
Standardabweichung	192,6819	502,0539	177,5034	177,62819	113,4743	41,47445
Minimum	99,19	598,95	667,50	173,06	381,83	379,59
Maximum	790,81	1573,93	1062,58	640,26	617,40	499,94

Die Tabelle 01 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 6:

- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

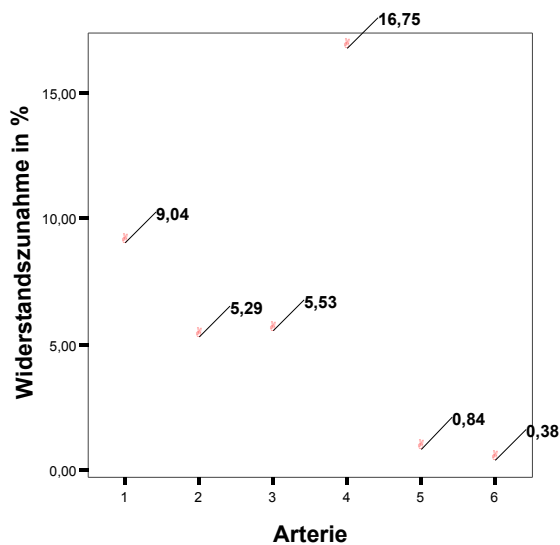
Tabelle 02: Proband A – Standardabweichung der Stichabstände in μm



Bei Proband A ist festzustellen, dass die Standardabweichung von Versuch 1 im Vergleich zu Versuch 2 stark ansteigt, und sinkt dann kontinuierlich auf den letzten Wert zurück. Der Wert der maximalen Standardabweichung in μm beträgt 502,05 μm , das Minimum 41,47 μm .

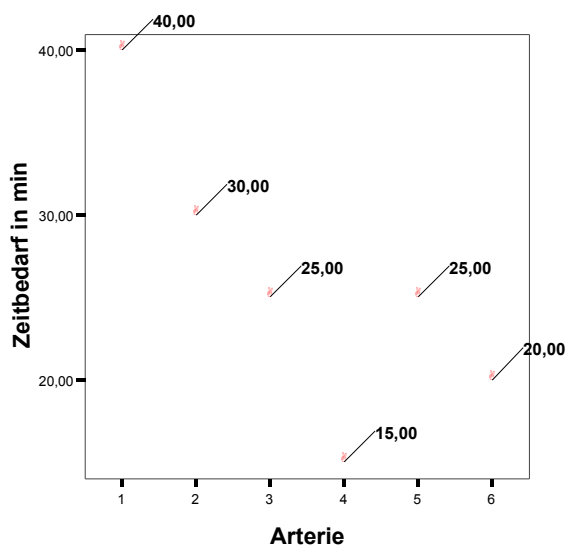
Die Tendenz der Standardabweichung der Stichabstände ist dementsprechend fallend. Insgesamt deutet das auf einen sehr guten Lernerfolg hin.

Tabelle 03: Proband A – Widerstandszunahme in %



Die Widerstandszunahme fällt bei Proband A zunächst bis zum 3. Versuch ab und steigt dann noch einmal sprunghaft an. Der Ausreißer im 4. Versuch erklärt sich möglicherweise durch eine Annäherung der Hinterwand – das kann bei den ersten Versuchen passieren. Nach dem Anstieg bewegt sich die Widerstandszunahme kontinuierlich in absolut akzeptablen Werten. Die Tendenz ist insgesamt fallend. Ein Lernerfolg setzt trotz Ausreißer ein.

Tabelle 04: Proband A – Zeitbedarf in min



Bei Proband A fällt der Zeitbedarf in min bis zum 4. Versuch stetig, steigt dann wieder leicht an und schneidet schließlich beim letzten Versuch mit einer für eine Anastomosenanlage guten Zeit ab. Der Maximalwert beträgt 40 min, der Minimalwert 15 min. Die Tendenz beim Zeitbedarf ist insgesamt fallend.

Wird die Widerstandszunahme mit dem Zeitbedarf bei diesem Probanden verglichen, lässt sich feststellen, dass der sprunghafte Anstieg der Widerstandszunahme mit dem sehr geringen Zeitbedarf bei Arterie 4 zusammenfällt. Dies lässt die Interpretation zu, dass der Proband zwar sehr schnell gearbeitet hat, jedoch beim Anlegen der Einzelknöpfe nicht sehr achtsam war. Da die Widerstandszunahme hoch ausfällt, ist davon auszugehen, dass die Hinterwand des Gefäßes durchstoßen wurde.

Ein Lernerfolg ist erkennbar, da der Proband sich mit einer benötigten Zeit von 40 min für die erste Anastomose auf eine mittlere Zeit von 20 min für die letzte Anastomose gesteigert hat.

5.2 Proband B – Einzelanalysen

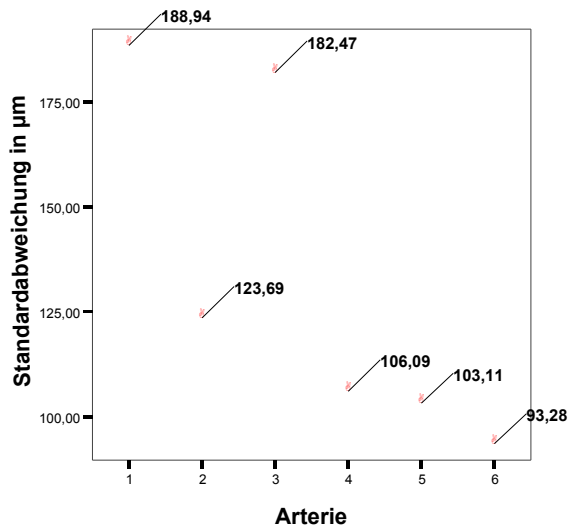
Tabelle 05: Proband B – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
N gültig	7	7	7	7	6	7
Mittelwert	648,4871	456,1643	521,1014	396,2814	479,6833	561,4043
Median	635,2700	469,4900	426,6500	383,6900	508,5450	572,7000
Standardabweichung	188,9442	123,69265	182,4689	106,092	103,105	93,27725
Minimum	432,69	309,14	366,29	215,39	293,99	387,11
Maximum	1014,53	650,89	788,84	531,28	582,09	666,26

Die gezeigte Tabelle 05 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten

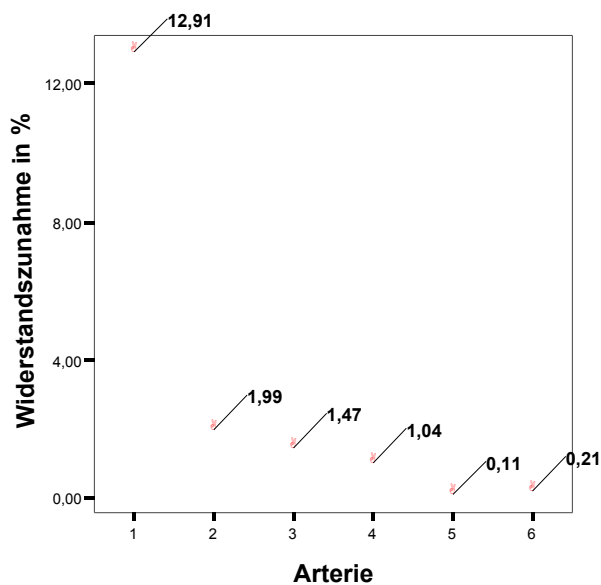
Parameter von Versuch 1 bis 6:

- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 06: Proband B – Standardabweichung der Stichabstände in μm 

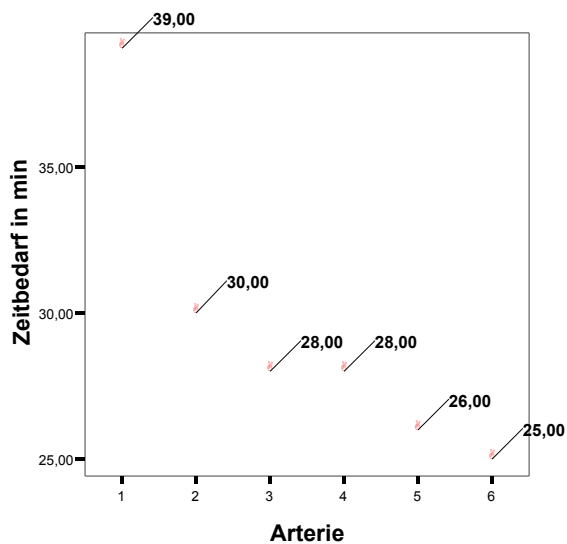
Bei Proband B ist festzustellen, dass die Standardabweichung vom 1. zum 2. Versuch stark abfällt, dann von Versuch 2 im Vergleich zu Versuch 3 wieder auf etwa dasselbe Niveau wie bei Versuch 1 steigt und schließlich kontinuierlich bis zum letzten Wert sinkt. Der Wert der maximalen Standardabweichung in μm beträgt 188,94 μm , das Minimum 93,28 μm . Die Tendenz ist insgesamt fallend.

Tabelle 07: Proband B – Widerstandszunahme in %



Mit einem recht hohen Einstieg der Widerstandszunahme bei 12,91 % sinkt der Wert von Versuch 1 zu Versuch 2 drastisch auf 1,99 % und sinkt schließlich bis zum letzten Versuch in weniger großen Schritten kontinuierlich. Der Maximalwert liegt hier bei 12,91 %, das Minimum der Widerstandszunahme (letzter Wert = Versuch 6) bei 0,21 %. Die Tendenz ist insgesamt fallend.

Tabelle 08: Proband B – Zeitbedarf in min



Bei Proband B ist eine kontinuierliche Entwicklung des Zeitbedarfs festzustellen. Im ersten Versuch benötigt er noch 39 min. Dies lässt auf ein vorsichtiges und eher langsames Arbeiten schließen. Die letzten Versuche führt er in 25 beziehungsweise 26 min durch. Dieser Zeitbedarf liegt in einem absolut realistischen Rahmen für das Erstellen einer suffizienten Anastomose. Die Tendenz ist insgesamt fallend. Damit ist ein Lernerfolg festzustellen.

5.3 Proband C – Einzelanalysen

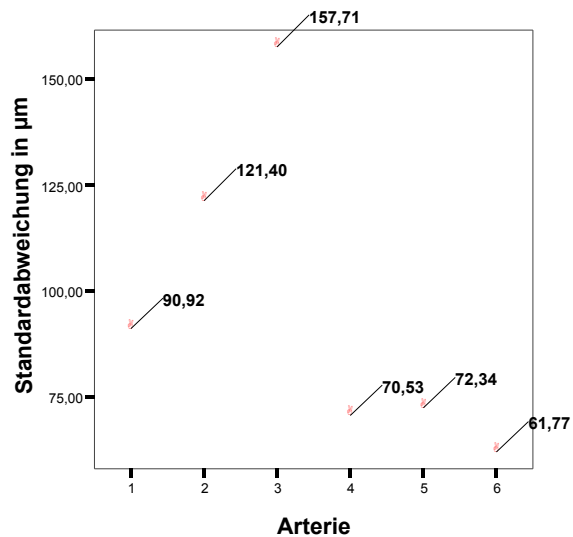
Tabelle 09: Proband C – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
N gültig	8	7	9	6	9	4
Mittelwert	456,1675	526,9129	432,5233	386,8917	350,7900	792,4575
Median	469,3550	492,6500	384,2800	383,5450	357,3000	797,7800
Standardabweichung	90,92314	121,40147	157,70730	70,53315	72,34225	61,76841
Minimum	336,71	417,06	232,81	300,64	226,65	712,60
Maximum	618,87	726,90	719,13	500,36	452,70	861,67

Die oben gezeigte Tabelle 09 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 6:

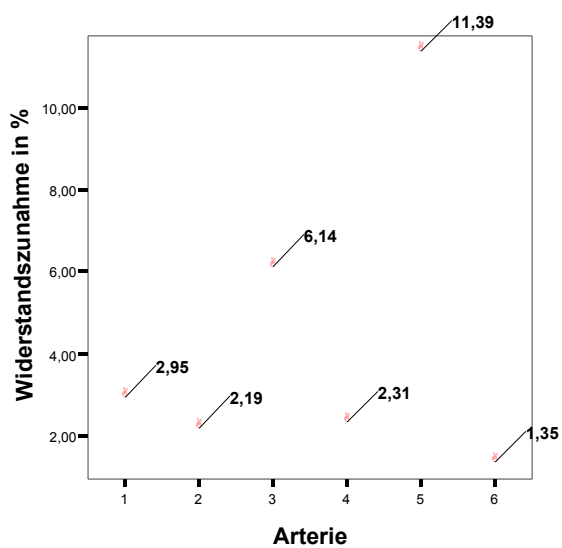
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 10: Proband C – Standardabweichung der Stichabstände in μm



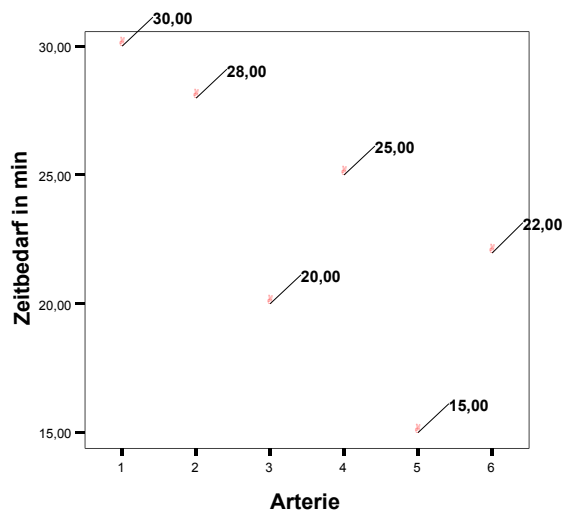
Bei Proband C ist festzustellen, dass die Standardabweichung von Versuch 1 bis Versuch 3 stark ansteigt und schließlich bis zum letzten Wert kontinuierlich sinkt. Der Wert der maximalen Standardabweichung beträgt 157,71 μm , das Minimum 61,77 μm . Die Tendenz ist also insgesamt fallend.

Tabelle 11: Proband C – Widerstandszunahme in %



Proband C steigt mit einer relativ niedrigen Widerstandszunahme ein, die im Verlauf abwechselnd fällt und steigt. Der maximale Wert beträgt 11,39 %, der minimale Wert 1,35 %. Beim Vergleich des ersten mit dem letzten Wert, ist festzustellen, dass trotz dazwischen liegender Schwankungen die Tendenz fallend ist.

Tabelle 12: Proband C – Zeitbedarf in min



Bei der Betrachtung des Zeitbedarfs von Proband C lässt sich eine fallende Tendenz erkennen, die allerdings auch, wie die Widerstandszunahme, von Schwankungen geprägt ist. Der maximal hohe Wert liegt bei 30 min pro Anastomose, der minimalste Wert bei 15 min pro Anastomose.

Zusammengefasst lässt sich bei Proband C kein Zusammenhang zwischen Standardabweichung und Widerstandszunahme erkennen, jedoch sehr wohl ein Zusammenhang zwischen dem Zeitbedarf und der Widerstandszunahme. Steigt die Widerstandszunahme, sinkt der Zeitbedarf. Dies lässt den Schluss zu, dass bei zu schnellem Arbeiten (sinkender Zeitbedarf) Fehler – wie z. B. die Annahrt der Rückwand – unterlaufen sind (dies erklärt die Widerstandszunahme). Da jedoch die Tendenz aller Parameter insgesamt fallend ist, darf von einem Lernerfolg gesprochen werden.

5.4 Proband D – Einzelanalysen

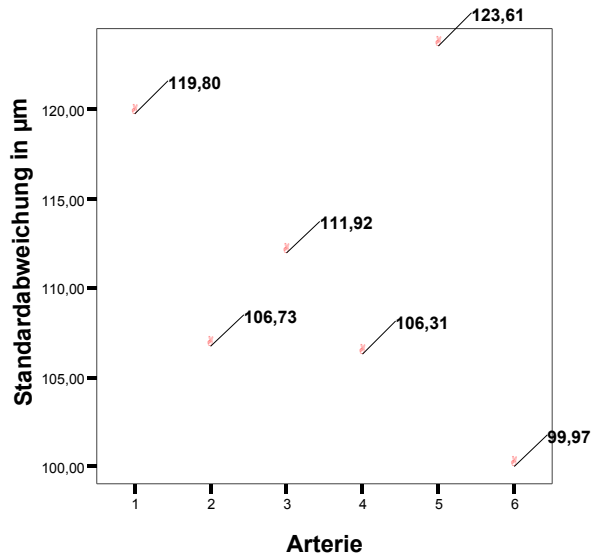
Tabelle 13: Proband D – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
N gültig	8	6	7	8	7	7
Mittelwert	497,7863	526,9000	499,0843	392,0500	355,0957	483,2443
Median	488,9700	521,3850	467,9200	367,2300	355,0000	489,3100
Standardabweichung	119,80478	106,7262	111,92396	106,31054	123,6059	99,96776
Minimum	333,43	362,98	306,06	267,39	205,35	329,85
Maximum	649,75	659,44	628,28	553,32	521,49	606,27

Die oben gezeigte Tabelle 13 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 6:

- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

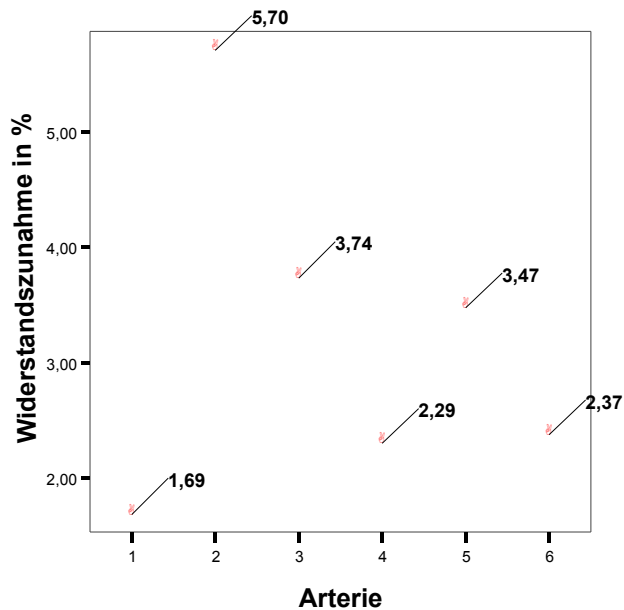
Tabelle 14: Proband D – Standardabweichung der Stichabstände in μm



Bei Proband D ist festzustellen, dass die Standardabweichung vom 1. zum 2. Versuch stark abfällt, dann von Versuch 2 im Vergleich zu Versuch 3 wieder leicht ansteigt und schließlich kontinuierlich zum letzten Wert, bis auf einen Ausreißer bei Versuch 5, sinkt. Der Wert der maximalen Standardabweichung beträgt 123,61 μm , das Minimum 99,97 μm .

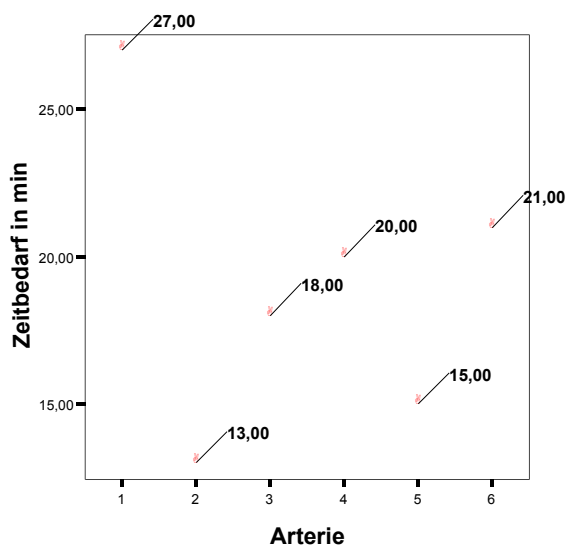
Die Tendenz ist insgesamt fallend. Ein Lernerfolg ist somit ersichtlich.

Tabelle 15: Proband D – Widerstandszunahme in %



Proband D steigt bereits mit einer optimal niedrigen Widerstandszunahme ein, der ein maximaler Anstieg folgt. Nach diesem Anstieg ist die Gesamttendenz wieder fallend. Der Minimalwert liegt bei 1,69 %, der Maximalwert bei 5,7 %. Insgesamt liegen die Werte also relativ nah beieinander.

Tabelle 16: Proband D – Zeitbedarf in min



Der Zeitbedarf fällt von einem Maximalwert (Versuch 1) von 27 min auf einen Minimalwert von 13 min (Versuch 2).

Gefolgt von diversen Schwankungen, liegt der letzte Wert schließlich bei 21 min. Die Tendenz ist insgesamt fallend.

Vergleicht man bei Proband D den Zeitbedarf mit der Widerstandszunahme, so ist erneut erkennbar: Je schneller der Proband arbeitet, desto höher ist die Widerstandszunahme. Beim letzten Wert liegt das Verhältnis Zeit (21 min) zur sehr geringen Widerstandszunahme (2,37 %) auf einem guten Niveau. Beide Werte in einen Zusammenhang mit der Standardabweichung gebracht, lassen einen Zusammenhang der fallenden Tendenz im Verlauf der Versuche erkennen. Damit ist der Lernerfolg belegt.

5.5 Proband E – Einzelanalysen

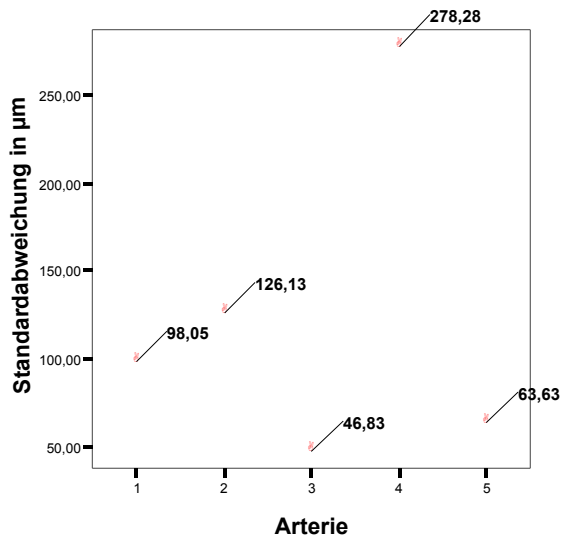
Tabelle 17: Proband E – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5
N gültig	8	7	8	4	7
Mittelwert	440,3688	465,3257	475,3025	603,3425	433,8629
Median	444,8150	482,7200	478,1350	602,2300	427,4600
Standardabweichung	98,05237	126,13267	46,82568	278,28082	63,62528
Minimum	247,06	289,72	384,41	263,71	373,84
Maximum	573,41	627,76	536,06	945,20	566,66

Die oben gezeigte Tabelle 17 stellt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 5 dar.

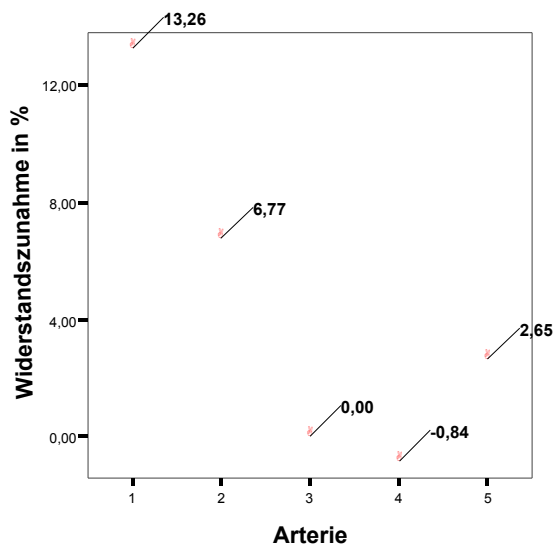
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 18: Proband E – Standardabweichung der Stichabstände in μm



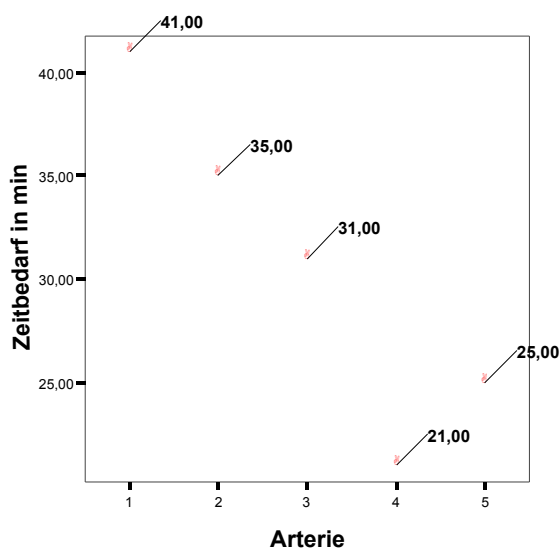
Bei Proband E liegt der maximale Wert der Standardabweichung, der auch gleichzeitig der Ausreißer ist, bei 278,28 μm und der minimale Wert, der auch gleichzeitig der letzte ist, bei 63,63 μm . Insgesamt ist die Tendenz fallend, die nur einen Ausreißer beim 4. Versuch erfährt.

Tabelle 19: Proband E – Widerstandszunahme in %



Bei Proband E verläuft die Widerstandszunahme bis auf den letzten Wert, der einen leichten Anstieg zeigt, kontinuierlich fallend. Allerdings liegt der vorletzte Bereich im Minusbereich, was auf eine Insuffizienz der Einzelknopfnähte schließen lässt. Der letzte Versuch liegt allerdings wieder in einem sehr akzeptablen Bereich, sodass auch hier von einem Lernerfolg gesprochen werden darf.

Tabelle 20: Proband E – Zeitbedarf in min



Bei Proband E verläuft der Zeitbedarf kontinuierlich fallend, nur für den letzten Versuch ist ein leichter Anstieg zu verzeichnen. Das Maximum liegt bei 41 min, das Minimum bei 21 min.

Zusammenfassend lässt sich über Proband E sagen, dass ein Zusammenhang zwischen Zeitbedarf und Widerstandszunahme besteht; diesmal ist der Zeitbedarf bei einer insuffizienten Anastomose besonders gering. Aber auch zwischen der Standardabweichung und der Widerstandszunahme besteht ein Zusammenhang. Die Standardabweichung hat den höchsten Wert dort, (Versuch 4: 278,28 μm) wo die Widerstandszunahme einen Wert im Minusbereich anzeigt (Versuch 4: -0,84 %).

In unmittelbarem Zusammenhang steht die Abweichung vom Optimalwert der Standardabweichung mit der insuffizienten Anastomose. Ein Lernerfolg ist somit auch hier zu verzeichnen.

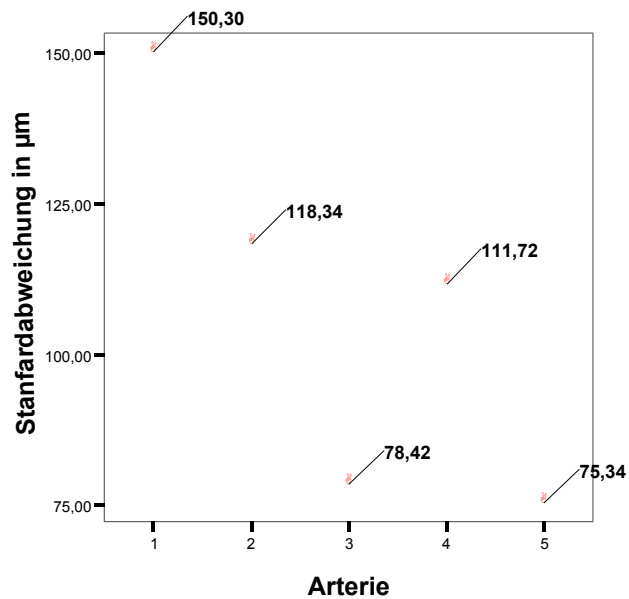
5.6 Proband F – Einzelanalysen

Tabelle 21: Proband F – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5
N gültig	8	7	7	6	5
Mittelwert	585,6750	555,5529	536,2243	495,1717	541,5820
Median	594,2350	517,1200	520,5700	505,7150	553,6500
Standardabweichung	150,304	118,335	78,42486	111,7206	75,33554
Minimum	336,54	418,69	415,72	362,98	426,68
Maximum	856,26	778,49	667,43	606,32	613,32

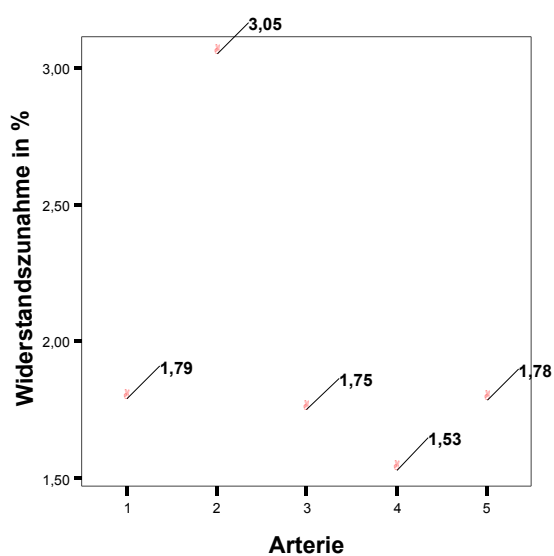
Die oben gezeigte Tabelle 21 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 5 :

- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 22: Proband F – Standardabweichung der Stichabstände in μm 

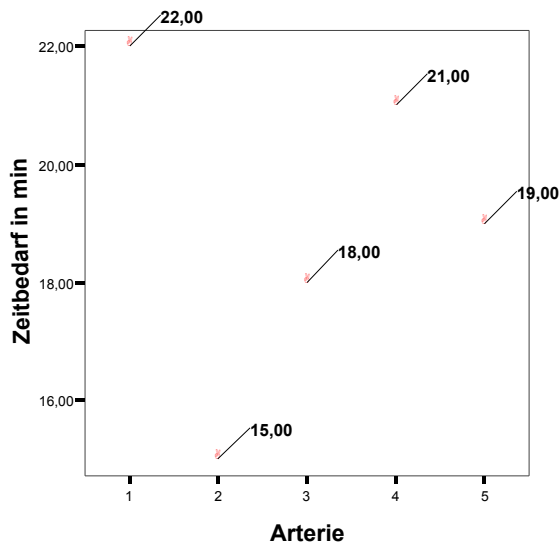
Proband F kann als Maximalwert und gleichzeitigen Anfangswert 150,30 μm vorweisen. Letzterer fällt kontinuierlich, steigt zum vorletzten Wert noch mal an, und fällt schließlich auf ein Minimum von 75,34 μm . Die Tendenz insgesamt ist also fallend.

Tabelle 23: Proband F – Widerstandszunahme in %



Die Widerstandszunahme bei Proband F nimmt sich von Anfang an einen sehr akzeptablen Spielraum und hält diesen auch ein. Der minimale Wert liegt für den Anstieg des Widerstands bei 1,53 %, der maximale Wert bei 3,05 %.

Tabelle 24: Proband F – Zeitbedarf in min



Auch der Zeitbedarf läuft bei Proband F in einem engen Rahmen ab. Der Maximalwert liegt bei 22 min, der Minimalwert bei 15 min. Es ist festzustellen, dass beim kleinsten Zeitaufwand der höchste Zuwachs der Widerstandszunahme zu verzeichnen ist, wobei das bei Proband F, wie oben schon erwähnt, in einem eng gesteckten Rahmen abläuft. Vergleicht man die Widerstandszunahme mit der Standardabweichung, lässt sich kein Zusammenhang ablesen. Da jedoch eine fallende Tendenz bei zwei von drei Parametern abzulesen ist, zeichnet sich auch hier ein Lernerfolg ab.

5.7 Proband G – Einzelanalysen

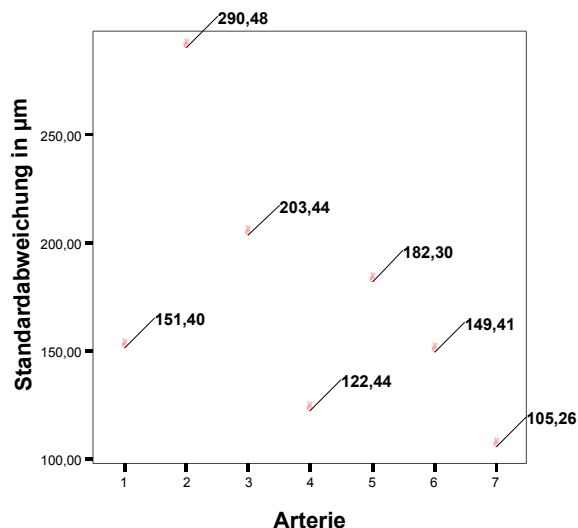
Tabelle 25: Proband G – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch1	Versuch2	Versuch3	Versuch4	Versuch5	Versuch6	Versuch7
N gültig	7	4	7	5	5	6	5
Mittelwert	544,0814	995,655	565,1600	488,4080	473,0120	680,3150	635,9160
Median	632,3500	1021,30	505,7300	477,2200	373,3600	645,3100	641,0500
Standardabweichung	151,3978	290,483	203,440	122,4369	182,3035	149,412	105,261
Minimum	305,96	652,24	282,06	368,75	313,94	532,16	482,96
Maximum	686,85	1287,79	906,86	674,10	692,92	895,59	772,95

Die oben gezeigte Tabelle 25 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 7

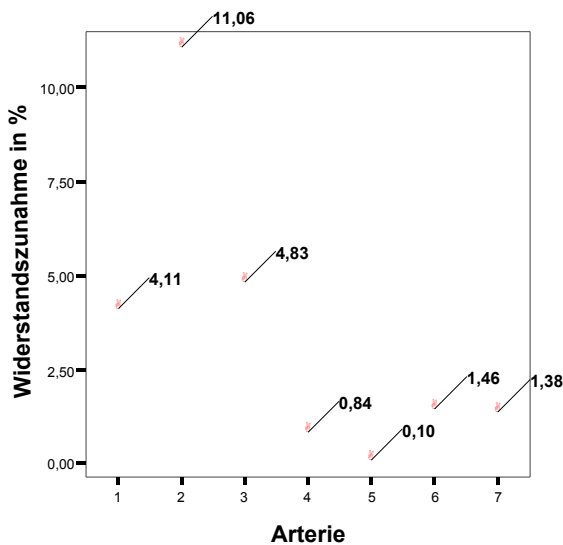
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 26: Proband G – Standardabweichung der Stichabstände in μm



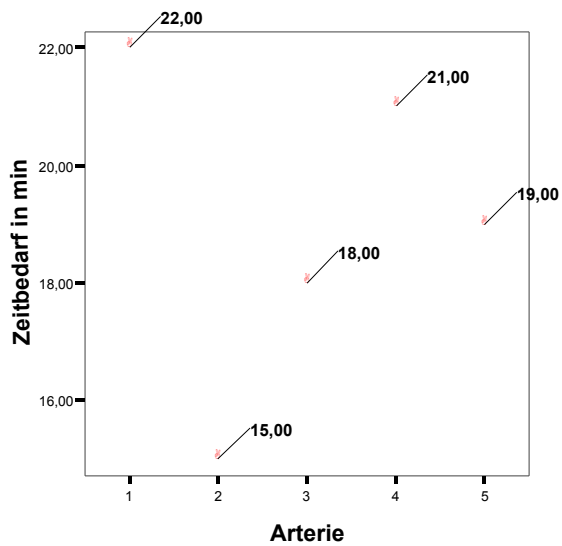
Proband G zeigt vom 1. Wert (151,40 μm) zum 2. Wert (Maximum: 290,48 μm) einen Anstieg der Standardabweichung um fast das Doppelte. Danach fällt der Wert unter den Anfangswert und fällt nach einem leichten Anstieg kontinuierlich auf einen Wert von 105,26 μm (Minimum). Die Tendenz ist insgesamt fallend.

Tabelle 27: Proband G – Widerstandszunahme in %



Bei Proband G lässt sich – genau wie bei der Standardabweichung – ein Anstieg der Widerstandszunahme vom ersten auf den zweiten Wert erkennen, der anschließend kontinuierlich sinkt und nur durch einen minimalen Anstieg der letzten beiden Werte unterbrochen wird. Das Maximum liegt hier bei 11,6 % und das Minimum bei 0,10 %.

Tabelle 28: Proband G – Zeitbedarf in min



Der Zeitbedarf von Proband G fängt bei Maximum 22 min an, um anschließend auf das Minimum von 15 min abzufallen. Beim letzten Wert liegt der Proband bei 19 min. Eine kontinuierlich abfallende Tendenz ist hier nicht zu beobachten.

Stellt man alle drei Kurven nebeneinander, ist hier ein Zusammenhang zwischen allen dreien zu erkennen. Die Standardabweichung verdoppelt sich beim 2. Versuch nahezu, genau wie die Widerstandszunahme. Der Zeitbedarf verringert sich beim 2. Versuch enorm. Da alle drei betrachteten Werte zum 5. Versuch hin jedoch eine fallende Tendenz entwickeln, lässt sich selbst hier noch ein Lernerfolg verzeichnen.

5.8 Proband H – Einzelanalysen

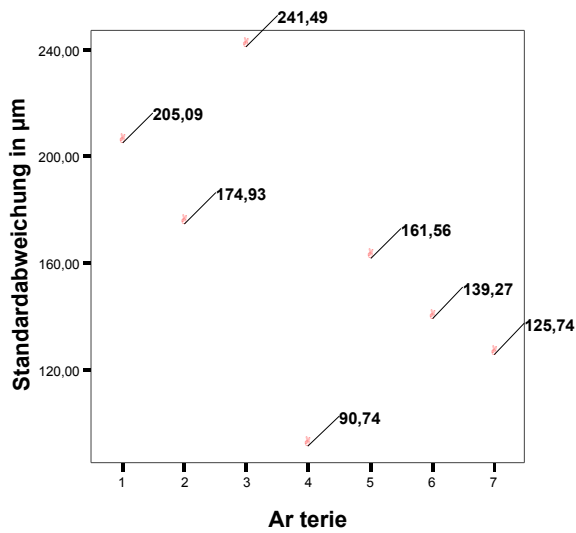
Tabelle 29: Proband H – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch1	Versuch2	Versuch3	Versuch4	Versuch5	Versuch6	Versuch7
N gültig	8	6	4	5	4	5	6
Mittelwert	537,4812	741,7817	612,250	549,9320	545,0875	677,0000	549,7383
Median	594,2400	692,8700	667,820	568,8100	564,7300	701,9700	555,3550
Standardabweichung	205,088	174,92569	241,491	90,73943	161,5630	139,273	125,744
Minimum	258,90	566,66	283,15	413,51	363,77	467,93	354,31
Maximum	828,61	1031,92	830,21	661,59	687,12	818,87	726,63

Die oben gezeigte Tabelle 29 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 7:

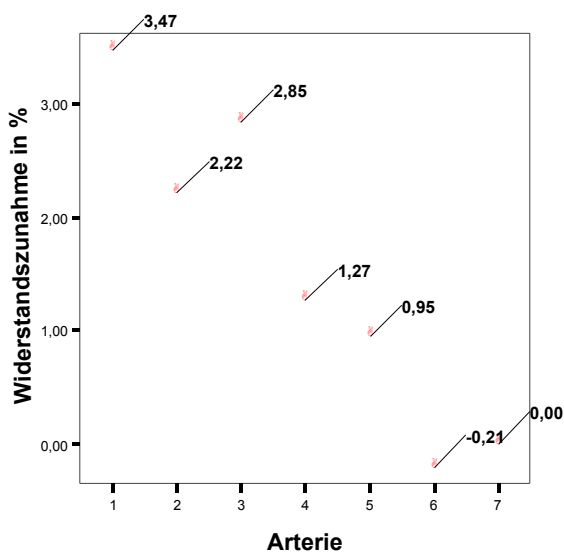
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 30: Proband H – Standardabweichung der Stichabstände in μm



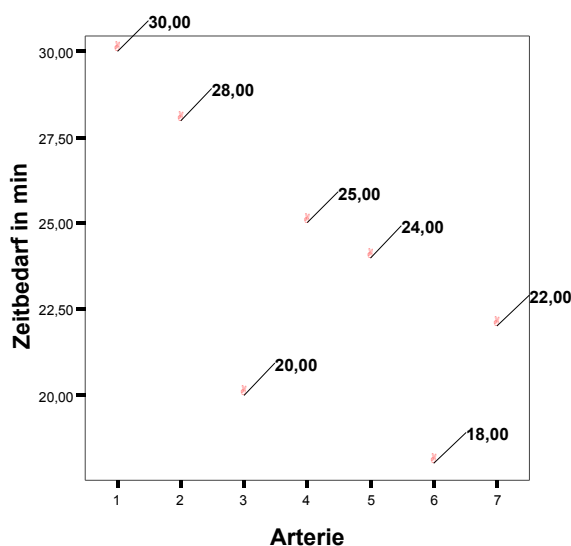
Bei Proband H lässt sich nach einem kurzen Abfall der Standardabweichung ein erneuter Anstieg bis auf das Maximum von 241,49 μm erkennen, der von einem Abfall auf das Minimum von 90,74 μm gefolgt wird. Anschließend steigt der Wert noch mal an und fällt schließlich kontinuierlich ab. Die Tendenz ist insgesamt fallend.

Tabelle 31: Proband H – Widerstandszunahme in %



Die Widerstandszunahme bei Proband H beginnt mit dem maximalen Wert von 3,47 %, fällt zunächst um gut ein Prozent und sinkt schließlich nach einem leichten Anstieg erneut kontinuierlich bis zum vorletzten Wert auf ein Minimum von -0,24 %. Er steigt dann noch einmal um 0,24 %. Die Tendenz ist insgesamt – auch wenn der Rahmen, in dem diese Bewegung verzeichnet wird, eng ist – deutlich fallend. Bei dem Vergleich von Standardabweichung und Widerstandszunahme lässt sich im Gesamten eine fallende Tendenz feststellen.

Tabelle 32: Proband H – Zeitbedarf in min



Der Zeitbedarf von Proband H fällt vom Maximum von 30 min zunächst nur minimal auf 28 min und fällt dann auf 20 min zurück. Diesem raschen Abfall folgt ein Anstieg auf 25 min, der wie zu Anfang erst in einem kleinen Schritt auf 24 min abfällt, dann wieder mit einem großen Sprung auf 18 min (Minimum) abstürzt. Er pendelt sich schließlich auf einem mittleren Wert von 22 min ein.

Beim Vergleich aller drei Parameter miteinander, ist ein Zusammenhang zwischen Zeitbedarf und Widerstandszunahme erkennbar. Jedes Mal wenn der Proband sehr schnell arbeitet (Zeitbedarf sinkt), kommt es entweder zu einem Anstieg der Widerstandszunahme oder zu einem Abfall in die Minuswerte (Zeichen für Nahtinsuffizienz).

Die Tendenz bei allen drei Parametern ist insgesamt fallend, sodass sich auch bei diesem Probanden ein Lernerfolg eingestellt hat.

5.9 Proband I – Einzelanalysen

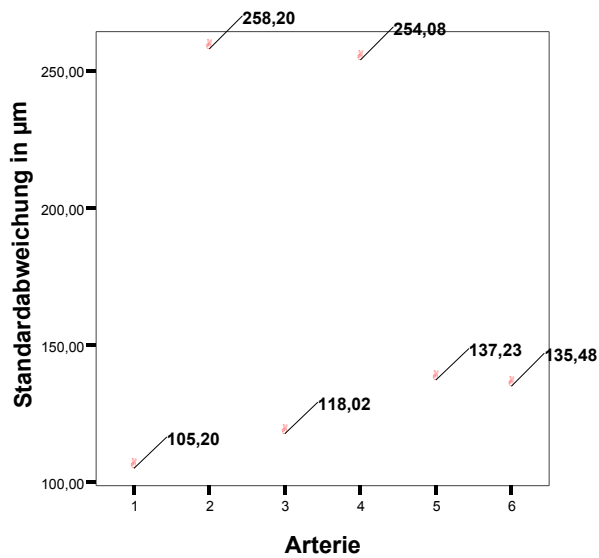
Tabelle 33: Proband I – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
N gültig	9	7	6	5	8	5
Mittelwert	453,3711	563,1629	681,1367	490,3120	479,2988	601,9220
Median	425,2800	589,6600	698,6650	500,3600	516,6600	553,0000
Standardabweichung	105,2011	258,203	118,0200	254,075	137,233	135,481
Minimum	326,43	238,02	505,63	174,47	306,93	467,93
Maximum	612,86	1047,51	820,11	811,98	626,93	776,33

Die Tabelle 33 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 6:

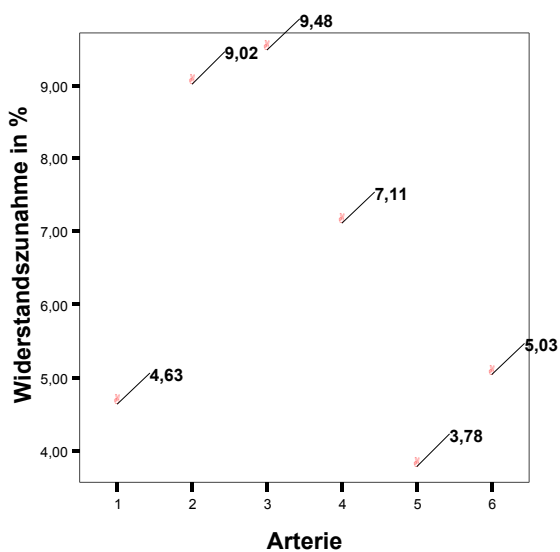
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 34: Proband I – Standardabweichung der Stichabstände in μm



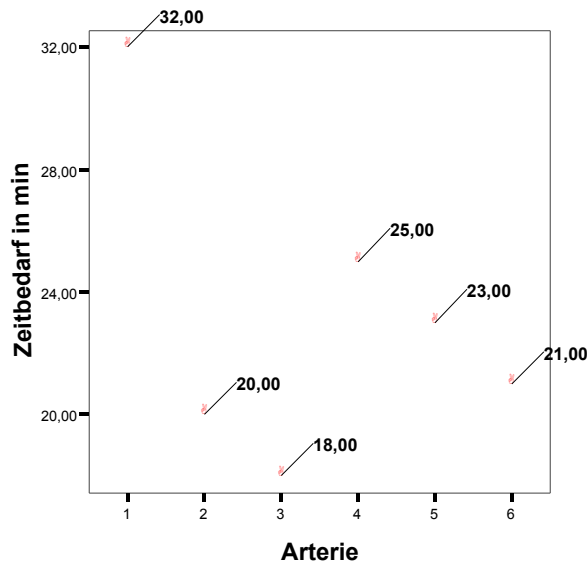
Bei Proband I lässt sich keine fallende Tendenz der Werte feststellen. Er beginnt mit dem Minimum von 105,20 μm und fährt weiter mit einem Auf und Ab der Werte, die im bereits zweiten Wert der Kurve ihr Maximum (258,2 μm) finden.

Tabelle 35: Proband I – Widerstandszunahme in %



Bei Proband I sieht man ebenfalls, dass die Kurve nicht in einer – wie erwünscht – fallenden Tendenz verläuft, sondern eher wie eine Glockenkurve. Das Maximum liegt bei 9,48 % (2. Versuch) und das Minimum bei 3,78 %.

Tabelle 36: Proband I – Zeitbedarf in min



Proband I zeigt zuerst einen starken Abfall von einem maximalen Zeitbedarfswert von 32 min auf 20 min, fällt noch einmal ein wenig und zeigt sich dann im mittleren Feld ab 25 min weiter in einer sinkenden Tendenz. Der minimale Wert liegt bei 18 min.

Beim Vergleich der drei Parameter miteinander lässt sich bei Standardabweichung und Widerstandszunahme zunächst ein Anstieg beider Werte feststellen. Jedoch bereits beim 3. Wert driften die Parameter auseinander, die Standardabweichung sinkt bis fast auf den Ausgangswert. Der Widerstand jedoch steigt minimal an. Beim 4. Versuch verlaufen beide Parameter ebenfalls gegenläufig. Eine Übereinstimmung kann nur beim 5. Wert festgestellt werden, dort fallen sowohl die Widerstandszunahme als auch die Standardabweichung.

Bei Zeitbedarf und Widerstandszunahme ist ein direkter Zusammenhang insofern zu sehen, als dass bis zur dritten Arterie der Widerstand steigt, der Zeitbedarf jedoch sinkt.

Erst bei der vierten Arterie sinkt der Widerstand, und der Zeitbedarf steigt ein wenig an. Hier ist ein Lernerfolg zu sehen, da bei jeder Arterie nach der Anastomosenanlage sofort der Widerstand gemessen wurde und der Proband eine Beratung erhielt, um sich verbessern zu können. Bei der fünften und der sechsten Arterie pendeln sich Zeitbedarf und Widerstand auf ein normales Niveau ein.

5.10 Proband J – Einzelanalysen

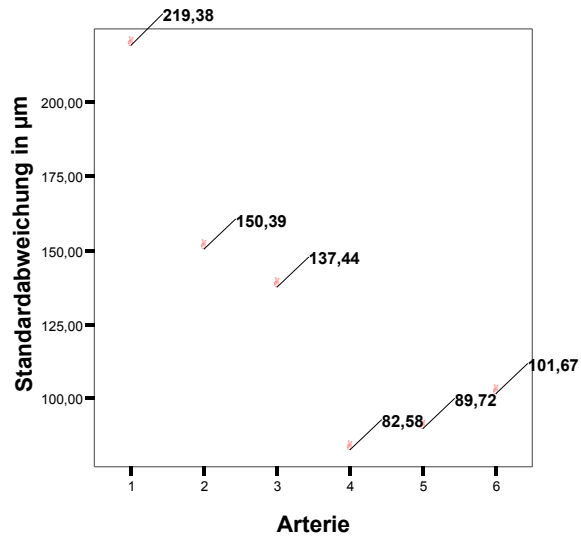
Tabelle 37: Proband J – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
N gültig	7	3	9	6	6	6
Mittelwert	410,3557	607,7500	466,8133	536,9567	689,1650	703,6717
Median	305,5800	680,2500	407,6500	541,6950	713,9700	712,5200
Standardabweichung	219,3778	150,393	137,43656	82,57809	89,72319	101,674
Minimum	184,96	434,84	321,38	418,74	560,11	542,37
Maximum	709,85	708,16	697,76	650,04	779,93	861,48

Die oben gezeigte Tabelle 37 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 6:

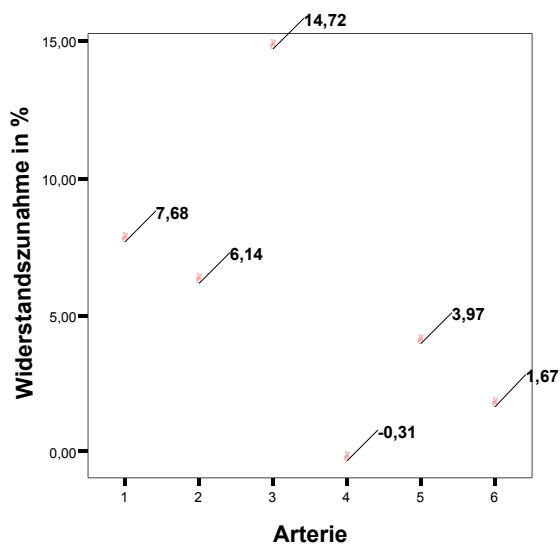
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 38: Proband J – Standardabweichung der Stichabstände in μm



Bei Proband J ist eine fallende Linie zu erkennen, beginnend mit dem Maximalwert von 219,38 μm und endend in dem 4. minimalen Wert von 82,58 μm . Anschließend ist ein leichter Anstieg bis zum letzten Wert von 101,67 zu verzeichnen. Die fallende Tendenz insgesamt ist deutlich zu erkennen.

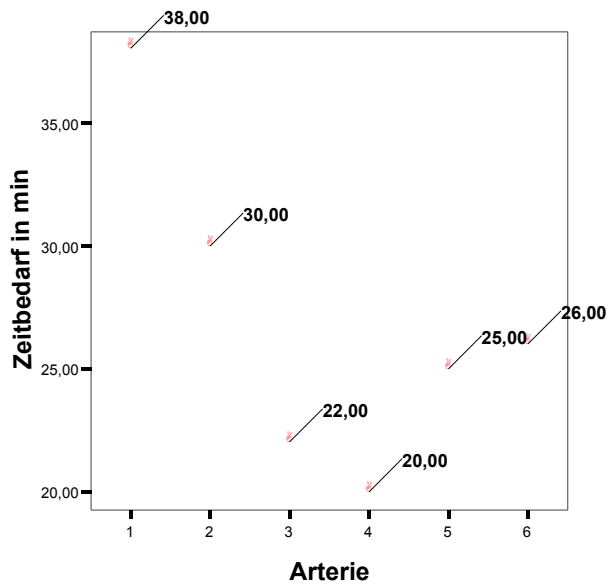
Tabelle 39: Proband J – Widerstandszunahme in %



Proband J liegt im Maximum bei 14,72 %, im Minimum bei -0,31 %. Wie auch bei der Standardabweichung ist eine fallende Gesamttendenz zu erkennen, wobei das Minimum nicht positiv als niedriger Wert angesehen

werden darf, da Widerstandswerte, die sich im negativen Bereich befinden, auf eine insuffiziente Anastomose hinweisen.

Tabelle 40: Proband J – Zeitbedarf in min



Auch der Zeitbedarf von Proband J zeigt eine fallende Tendenz, die ihr Maximum bei 38 min hat und ihr Minimum bei 20 min, was bei der Widerstandszunahme gleichzeitig dem Wert entspricht, der als insuffizient gilt. Fallende Tendenzen insgesamt zeigen in allen drei Disziplinen den Lernerfolg deutlich.

5.11 Proband K – Einzelanalysen

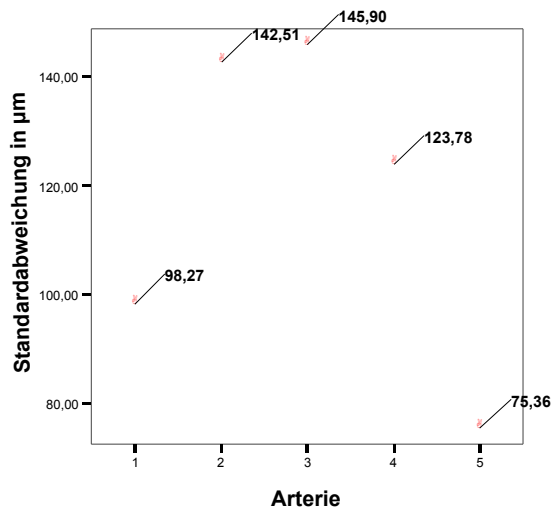
Tabelle 41: Proband K – Statistik der Stichabstände in μm :

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5
N gültig	7	6	9	5	8
Mittelwert	612,6286	630,4050	490,4633	645,2880	440,2975
Median	577,4200	680,7850	455,0600	675,0900	438,0050
Standardabweichung	98,27413	142,510	145,8981	123,7767	75,36412
Minimum	491,23	420,61	202,25	466,63	328,33
Maximum	745,58	767,82	670,18	777,99	579,64

Die Tabelle 41 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 6:

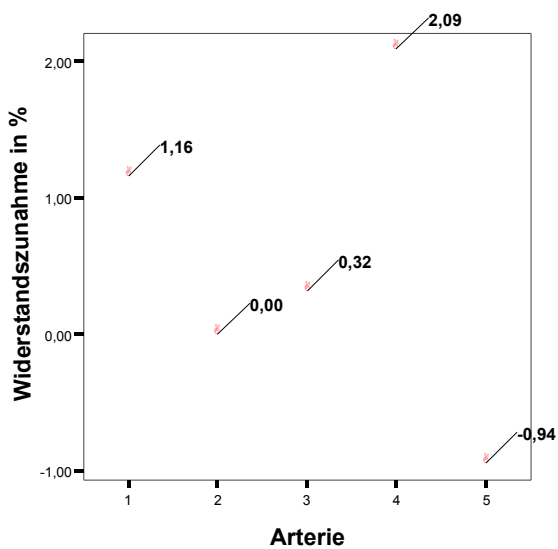
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 42: Proband K – Standardabweichung der Stichabstände in μm



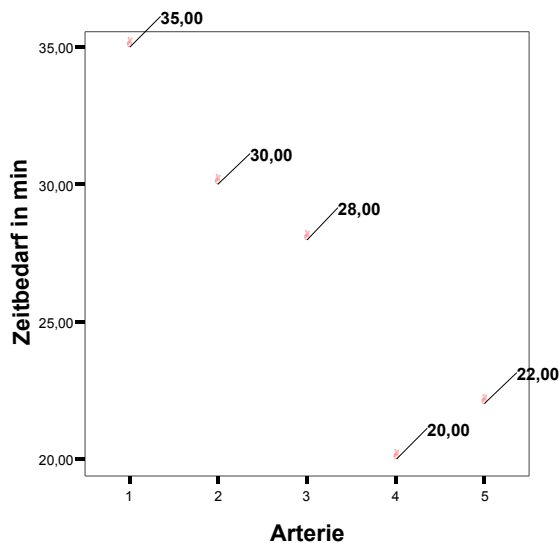
Der Verlauf der Standardabweichung bei Proband K zeigt einen mittleren Einstieg bei 98,27 μm , und steigt dann auf einen Wert von 145,51 μm . Das Maximum zeigt sich aber erst beim 3. Versuch und liegt bei 145,90 μm . Anschließend fällt die Standardabweichung kontinuierlich auf das Minimum von 75,36 μm .

Tabelle 43: Proband K – Widerstandszunahme in %



Die Widerstandszunahme bewegt sich hier in einem sehr engen Rahmen von – 1,0 % bis 2,09 % – sodass hier nicht von einer steigenden oder fallenden Tendenz gesprochen werden kann, da alle Werte bis auf den letzten, der im negativen und somit insuffizienten Bereich liegt, durchaus akzeptabel sind.

Tabelle 44: Proband K – Zeitbedarf in min



Der Zeitbedarf von Proband K fällt kontinuierlich vom maximalen Wert (35 min) auf den minimalen Wert (20 min) und steigt dann zum letzten Versuch hin noch einmal leicht an.

Zusammenfassend lässt sich über alle drei Parameter im Vergleich sagen, dass die höchste Widerstandszunahme sich mit der niedrigsten Zeit deckt. Von einem Lernerfolg ist nur in der Hinsicht zu sprechen, als dass sichtbar ist, welche Fehler der Proband gemacht hat. Er hat zu schnell und unaufmerksam gearbeitet. Da die Werte sich in einem durchaus akzeptablen Bereich bewegen, könnte er einen Lernerfolg vorweisen, wenn er sich etwas mehr Zeit genommen hätte.

5.12 Proband L – Einzelanalysen

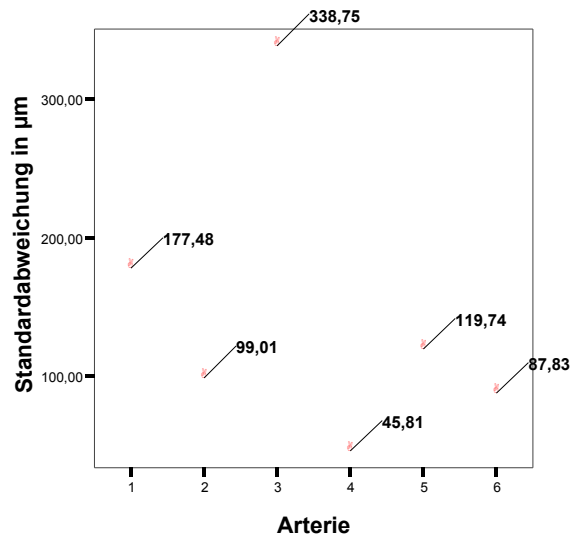
Tabelle 45: Proband L – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4	Versuch 5	Versuch 6
N gültig	7	5	3	3	5	4
Mittelwert	662,3429	551,9880	892,2667	691,2567	645,8140	715,5200
Median	712,8500	536,3400	735,9900	666,3400	601,6100	686,5700
Standardabweichung	177,4788	99,00830	338,7459	45,81487	119,7375	87,82514
Minimum	304,26	445,98	659,87	663,30	500,84	648,80
Maximum	822,17	685,04	1280,94	744,13	776,39	840,14

Die Tabelle 45 zeigt den Verlauf der im Folgenden genannten Parameter von Versuch 1 bis 6:

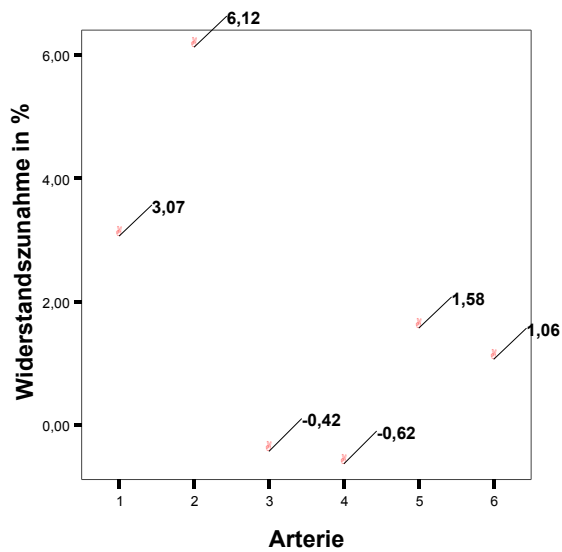
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 46: Proband L – Standardabweichung der Stichabstände in μm



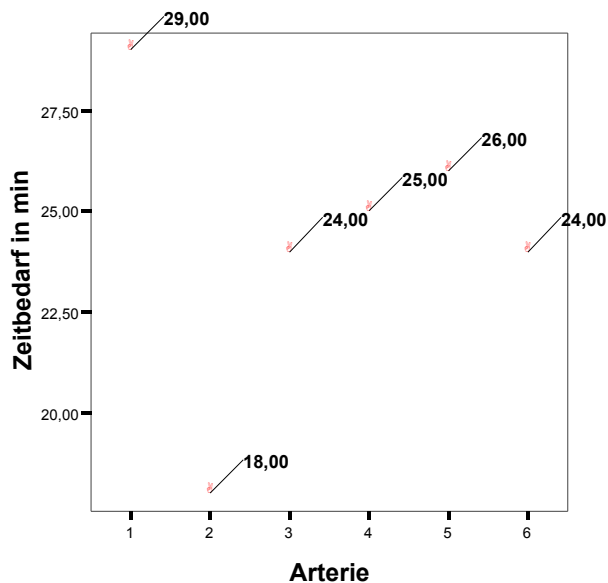
Die Standardabweichung von Proband L findet ihr Maximum im 3. Versuch bei 338,75 μm . Das Minimum folgt direkt im 4. Versuch (45,81 μm). Im Vergleich 1. Versuch mit dem 6. Versuch ist dennoch eine fallende Tendenz sichtbar.

Tabelle 47: Proband L – Widerstandszunahme in %



Die Widerstandszunahme bei Proband L hat ihren maximalen Wert bei 6,12 %. Der minimale Wert liegt bei - 0,62 %. Betrachtet man den 1. Versuch im Vergleich mit dem 6. Versuch, ist eine Abnahme der Widerstandszunahme um 2,01 % zu erkennen.

Tabelle 48: Proband L –Zeitbedarf in min



Der Zeitbedarf von Proband L verläuft spiegelverkehrt zur Widerstandszunahme, hat seinen minimalen Wert beim 2. Versuch (18 min), dort wo die Widerstandszunahme ihren höchsten Zuwachs hat. Das Maximum liegt hier im 1. Versuch bei 29 min. Der letzte Wert liegt bei akzeptablen 24 min.

Beim Vergleich aller drei Versuche miteinander, lässt sich beim 3. Versuch in der Standardabweichung und beim 2. Versuch bei der Widerstandszunahme ein Ausreißer erkennen. Trotz dieser Ausreißer ist aufgrund der nachfolgenden fallenden Kontinuität und der abschließenden Werte auf gutem Niveau ein Lernerfolg zu verzeichnen.

5.13 Proband M – Einzelanalysen

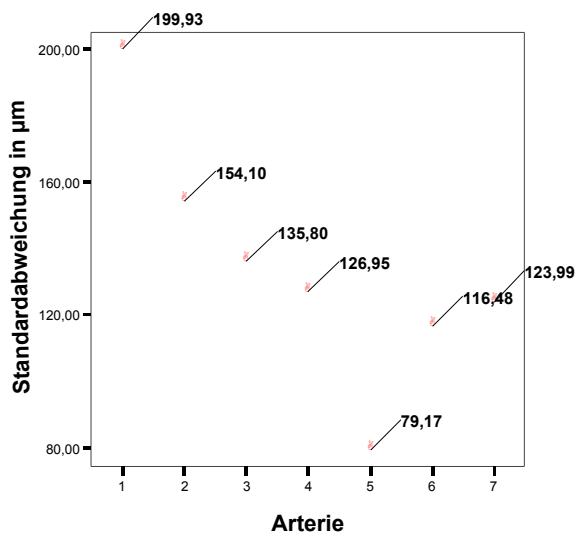
Tabelle 49: Proband M – Statistik der Stichabstände in μm

	Versuch1	Versuch2	Versuch3	Versuch4	Versuch5	Versuch6	Versuch7
N gültig	8	9	7	7	6	6	5
Mittelwert	553,9675	495,2300	688,5314	445,6643	673,6200	603,5450	684,460
Median	489,3750	493,1300	661,0400	470,6600	690,2300	586,0700	613,860
Standardabweichung	199,9308	154,09669	135,805	126,954	79,16594	116,4830	123,992
Minimum	290,46	198,68	544,58	260,74	579,95	489,31	573,32
Maximum	892,28	698,28	930,35	587,22	780,04	787,04	861,19

Die Tabelle 49 zeigt den Verlauf der folgenden Parameter von Versuch 1 bis 6:

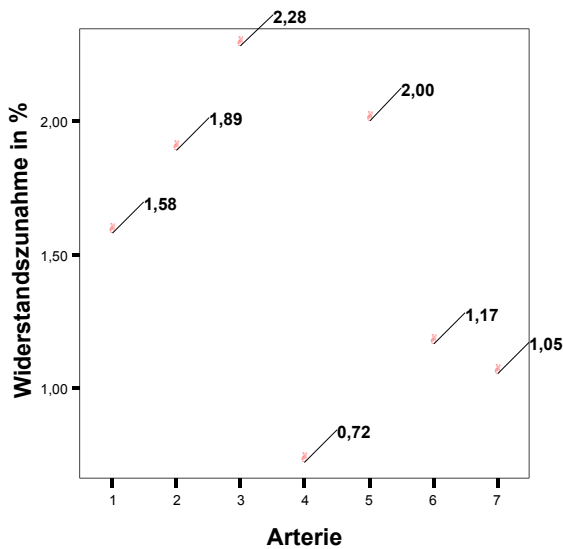
- Anzahl der Einzelknopfnähte (N)
- Mittelwert der Abstände der Einzelknopfnähte
- Median der Abstände der Einzelknopfnähte
- Standardabweichung der Abstände der Einzelknopfnähte
- Den kleinsten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Minimum)
- Den größten Abstand zwischen den Einzelknopfnähten (Maximum)

Tabelle 50: Proband M – Standardabweichung der Stichabstände in μm



Die Standardabweichung bei Proband M verläuft kontinuierlich fallend vom Maximum (1. Versuch: 199,93 μm) bis zum Minimum beim 5. Versuch (79,17 μm) und steigt dann noch einmal leicht an. Die Tendenz ist insgesamt deutlich fallend.

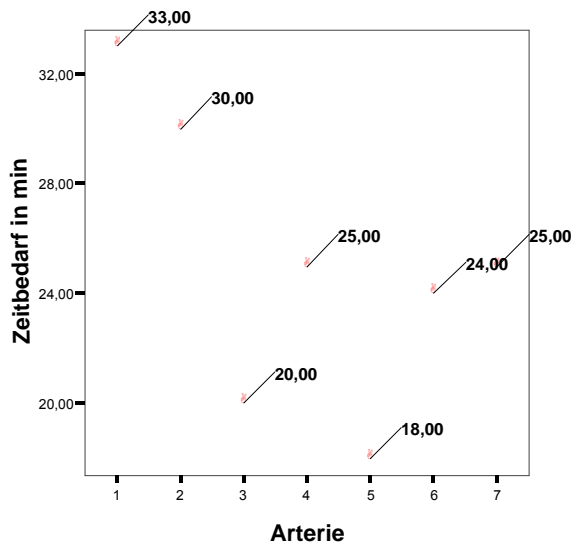
Tabelle 51: Proband M – Widerstandszunahme in %



Die Widerstandszunahme bei Proband M bewegt sich in einem Rahmen von -1,0 % bis +2,28 %. Dies bedeutet, dass alle Werte durchaus akzeptabel

sind. Dennoch ist auch hier eine fallende Tendenz erkennbar. Das Maximum liegt bei 2,28 % (3. Versuch), das Minimum bei 0,72 %.

Tabelle 52: Proband M – Zeitbedarf in min



Das Maximum des Zeitbedarfs bei Proband M liegt beim 1. Versuch bei 33 min. Das Minimum befindet sich im 5. Versuch bei 18 min. Mit Blick auf den ersten und den letzten Wert kann von einer tendenziell fallenden Kurve gesprochen werden.

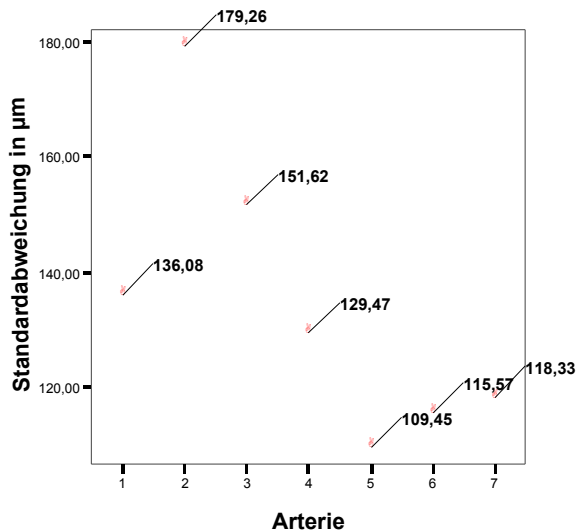
Vergleicht man alle drei Parameter miteinander, so ist eine fallende Tendenz mit Schwankungen nach oben und unten zu beobachten. Da sich die letzten Werte im Vergleich zu den ersten Werten auf einem Niveau einpendeln, mit dem eine suffiziente Anastomose hergestellt werden kann, ist auch hier ein Lernerfolg zu verbuchen.

6. Ergebnisse

Die Gesamtanalysen werten die Entwicklung aller drei Parameter wie Standardabweichung vom mittleren Stichabstand in Mikrometer, Widerstandszunahme in Prozent und den Zeitbedarf in Minuten aller Probanden im Verlauf aus.

Sie stellen die Ergebnisse des I. Münchner Mikrochirurgischen Operationskurses im Durchschnitt dar.

Tabelle 53: Verlauf der mittleren Standardabweichung über alle Versuche

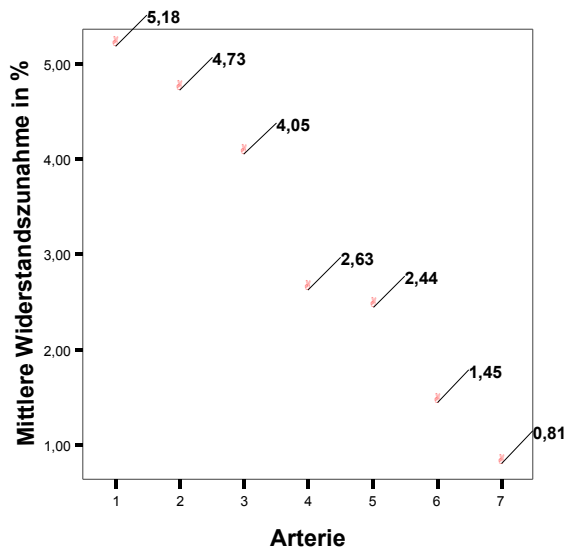


Mit Blick auf die Standardabweichungen in μm aller Probanden im Mittel vom 1. Versuch bis zum 7. Versuch, lässt sich eindeutig eine insgesamt fallende Tendenz feststellen.

Das Maximum liegt bei 179,26 μm (2. Versuch), das Minimum bei 109,45 μm .

Die fallende Tendenz zeigt, dass der Stichabstand im Mittel bei allen Probanden von Versuch zu Versuch immer regelmäßiger wird, was einen deutlichen Lernerfolg bescheinigt.

Tabelle 54: Verlauf der mittleren Widerstandszunahme über alle Versuche in %



Bei der Widerstandszunahme aller Probanden in % im Mittel vom 1. Versuch bis zum 7. Versuch, ist eindeutig eine insgesamt fallende Tendenz auszumachen. Das Maximum liegt bei 5,18 % (1. Versuch), das Minimum bei 0,81 % (7. Versuch). Die Widerstandszunahme sinkt im Mittel für alle Probanden von 5,18 % bis auf 0,81 %.

Dies bedeutet, der Widerstand im Gefäß steigt bei allen letzten Versuchen im Durchschnitt nur um 0,81 % an. Ein ausreichender Durchfluss ist also gegeben. Anhand dieser Berechnung wird deutlich, dass eine Anfertigung von fünf bis sieben Anastomosen ausreicht, um ein wirklich gutes Ergebnis zu erzielen. Im Durchschnitt zeigt die klar fallende Tendenz einen großartigen Lernerfolg für alle Kursteilnehmer.

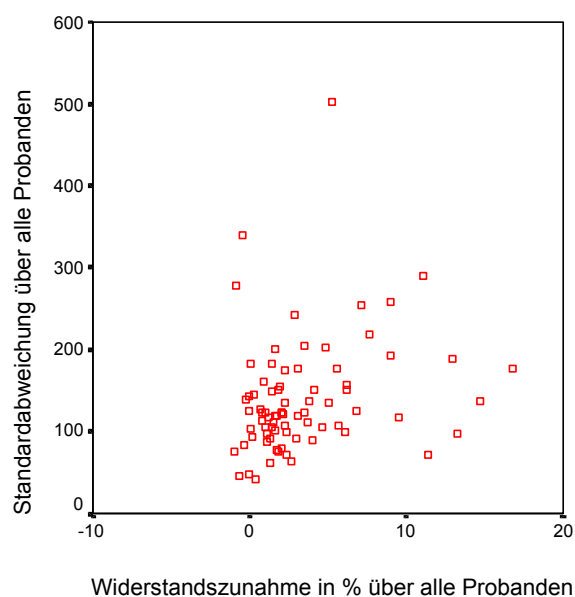
Tabelle 55: Korrelation zwischen der Widerstandszunahme in % und Standardabweichung μm für insgesamt 78 Versuche

Korrelationen		WIZU	STABW
WIZU	Korrelation nach Pearson	1	,238 *
	Signifikanz (2-seitig)	.	,036
	N	78	78
STABW	Korrelation nach Pearson	,238 *	1
	Signifikanz (2-seitig)	,036	.
	N	78	78

Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant. Die Widerstandszunahme korreliert mit der Standardabweichung positiv. Dies bedeutet: Steigt die Standardabweichung, nimmt auch der Widerstand zu.

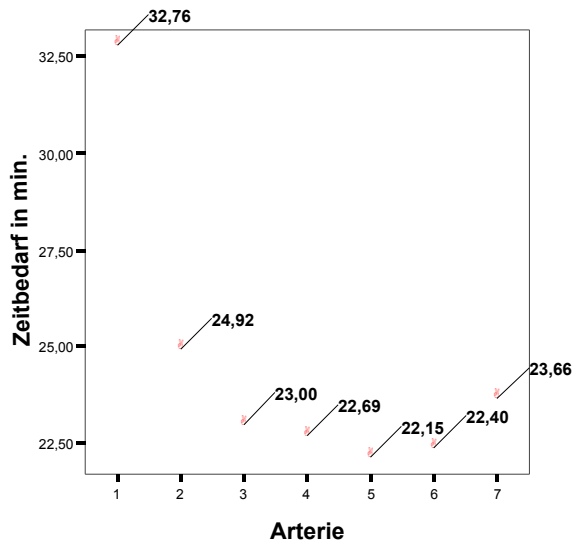
Diese Aussage lässt die Schlussfolgerung zu: Je unregelmäßiger die Stichabstände, umso höher die Widerstandszunahme und umso schlechter auch der Durchfluss im Gefäß.

Tabelle 56: Streudiagramm für die Korrelation zwischen der Widerstandszunahme in % und Standardabweichung in μm für insgesamt 78 Versuche



Das Streudiagramm zeigt noch einmal deutlich, wie stark die Korrelation zwischen der Widerstandszunahme und Standardabweichung ist. Dort, wo sich die Zeichen verdichten, herrscht die höchste Übereinstimmung.

Tabelle 57: Durchschnittlicher Zeitbedarf in min über alle Versuche



Mit Blick auf den Zeitverlauf im Mittel über alle Versuche wird die deutlich fallende Tendenz erkennbar, aber auch der erneute leichte Anstieg des Zeitbedarfs gegen Ende. Das Maximum liegt bei 32,76 min, das Minimum bei 22,15 min. Ab dem 3. Versuch haben die Probanden durchschnittlich mit sehr guten Zeiten gearbeitet. Ein Lernerfolg ist also auch hier gegeben.

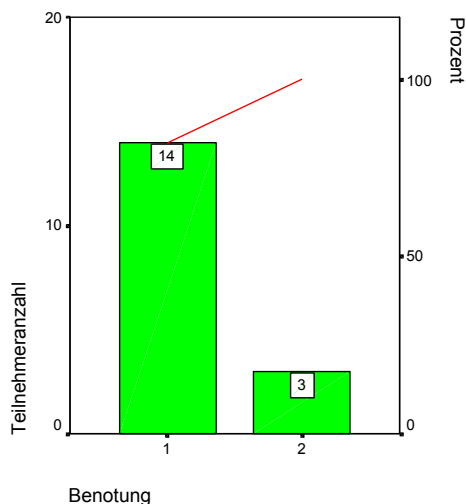
7. Kursevaluation

Am Ende des Kurses wurden Evaluationsbögen ausgeteilt, die anonym beantwortet wurden. Der Fragebogen wurde entwickelt, um herauszufinden, wie der Kurs vonseiten der Kursteilnehmer (Probanden) beurteilt wird. Die Bewertung erfolgte anhand des Schulnotensystems mit den Noten 1 bis 6 (1 = sehr gut, 6 = ungenügend).

Zu beurteilen ist der didaktische Aufbau des Kurskonzepts, die Professionalität des betreuenden Personals, die Zuvorkommenheit des betreuenden Personals, die Umsetzbarkeit und Verständlichkeit der Erklärungen durch die Kursleiter. Außerdem wird die DVD bewertet, ob sie wesentlich zum Verständnis der Mikrochirurgie beiträgt und ob die Kursteilnehmer den Kurs als sinnvollen Einstieg in die Mikrochirurgie empfinden.

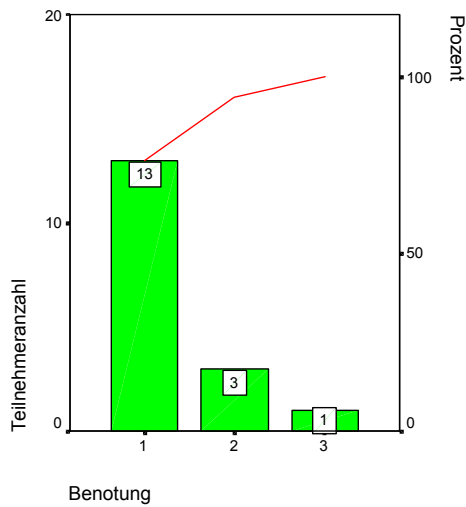
Zum Schluss wurde noch die Frage gestellt, ob die Kosten des Kurses als angemessen und nachvollziehbar empfunden wurden.

Tabelle 58: Aufbau Kurskonzept



Der erste Punkt des Evaluationsbogens lautet: „Das Kurskonzept empfinde ich als didaktisch gut aufgebaut.“ Es wurde 14-mal die Note 1 vergeben und dreimal die Note 2. Der rote Strich kennzeichnet das Maximum. 82 % der Teilnehmer waren sehr zufrieden. Das lässt die Interpretation zu, dass das Kurskonzept mit einer sehr guten bis guten Didaktik lehrt.

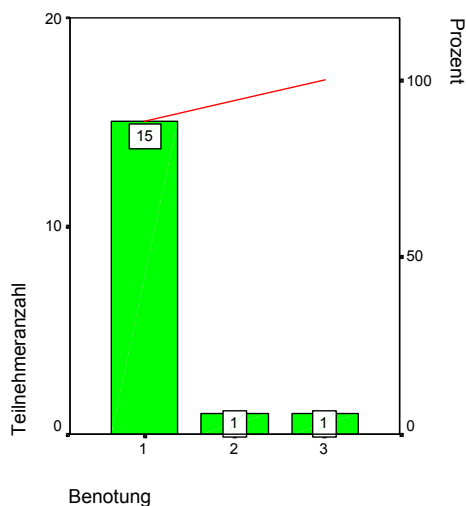
Tabelle 59: Beurteilung der Professionalität der Betreuung



Der zweite Punkt des Evaluationsbogens lautet: „Die Betreuung durch die Kursleitung und die Mitarbeiter empfand ich als professionell.“

Es wurde 13-mal die Note 1 vergeben, dreimal die Note 2 und einmal die Note 3. 76 % der Teilnehmer empfanden die Betreuung als professionell, was auf eine hohe Zufriedenheit in Bezug auf die Betreuung des Kurses durch das Team schließen lässt.

Tabelle 60: Zuvorkommende Behandlung der Kursteilnehmer

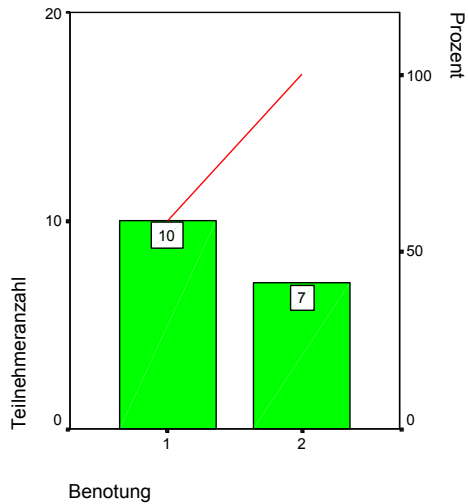


Der dritte Punkt des Evaluationsbogens lautete: „Die Betreuung durch die Kursleitung und die Mitarbeiter empfand ich als zuvorkommend.“

Es wurde 15-mal die Note 1 vergeben, einmal die Note 2 und einmal die Note 3.

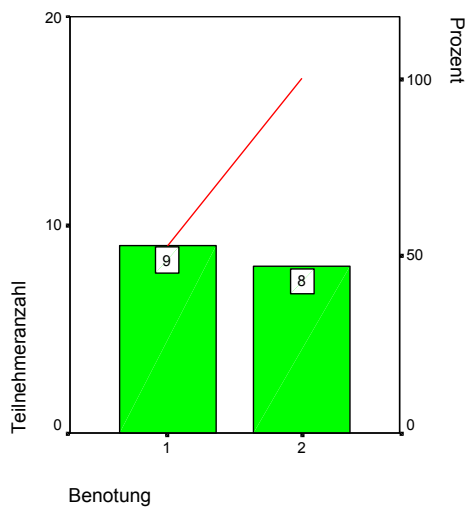
Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Betreuung des Kurses als zuvorkommend empfunden wurde (88 % vergaben die Note 1).

Tabelle 61: Verständlichkeit und Umsetzbarkeit



Der vierte Punkt des Evaluationsbogens lautet: „Die Erklärungen durch den Kursleiter und seine Mitarbeiter empfand ich als verständlich und umsetzbar.“ Es wurde zehnmal die Note 1 vergeben und siebenmal die Note 2. Der Kurs wurde nach diesen Werten zufolge verständlich erklärt, eine gute Umsetzbarkeit war ebenso gegeben.

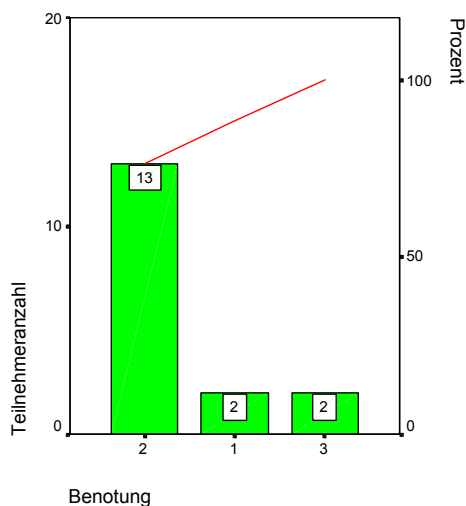
Tabelle 62: Verständnisverbesserung durch die Lehr-DVD



Der fünfte Punkt des Evaluationsbogens lautete: „Die Lehr-DVD hat außerordentlich dazu beigetragen, mein Verständnis für die Mikrochirurgie zu verbessern.“

Es wurde neunmal die Note 1 vergeben, und achtmal die Note 2. Somit ist davon auszugehen, dass die DVD einen maßgeblichen Anteil am Erlernen des erfolgreichen mikrochirurgischen Arbeitens im Kurs hat, da sie ausschließlich gute Bewertungen bekommen hat.

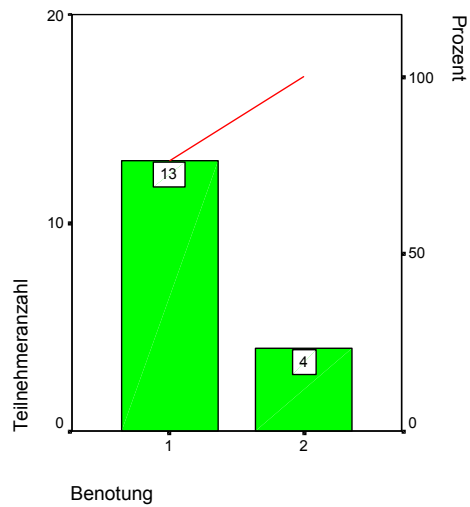
Tabelle 63: Fragestellung: Sind die Kosten angemessen und nachvollziehbar?



Der sechste Punkt des Evaluationsbogens lautete: „Die erhobenen Kosten des Kurses sind angemessen und nachvollziehbar.“

Die Teilnahmegebühr für den Kurs empfanden 76 % der Teilnehmer als durchaus angemessen (Note 2), 0,1 Prozent der Teilnehmer als absolut angemessen und 0,1 % der Teilnehmer vergaben die Note 3. Insgesamt wurden die Kosten für die Kursteilnahme gut toleriert und somit der Kosten-Nutzen-Faktor als positiv bewertet.

Tabelle 64: Geeigneter Einstieg in die Mikrochirurgie



Der siebte Punkt des Evaluationsbogens lautete: „Ich denke, dass ich durch den Kurs einen guten Einstieg in die Mikrochirurgie gefunden habe.“

Es wurde 13-mal die Note 1 vergeben und viermal die Note 2. Somit darf die Behauptung aufgestellt werden, dass Aufbau und Art des Kurses als sehr guter Einstieg in die Mikrochirurgie empfunden wurden.

8. Diskussion

8.1. Das Erlernen praktischer Fähigkeiten in der Mikrochirurgie

Prinzipiell stehen zum Erlernen mikrochirurgischer Fähigkeiten zum einen Intravitalmodelle und zum anderen künstliche Modelle verschiedener Qualitäten zur Verfügung.¹²

Zu den alt bewährten Methoden des sogenannten Goldstandards zählt sicherlich die Arbeit mit einem Intravitalmodell – die Methode also, auf ein narkotisiertes Tier zurückzugreifen, den Situs zu öffnen, bis zu einem Gefäß vorzupräparieren, es zu durchtrennen und dann zu reanastomosieren.

Bei geöffnetem Situs wird der Durchfluss des anastomosierten Gefäßes geprüft, anschließend wird der Situs geschlossen.

Anhand der Überlebenszeit des Tieres kann man dann auf einen Erfolg zurückblicken oder nicht.¹³

In dieser Studie galt es zu prüfen, ob eine modernere Methode, die sowohl einen umfassenden theoretischen Teil (Lehr-DVD) als auch ein Training an Modellen (Arterien aus frischen Hühnerschenkeln¹⁴) über drei Tage umfasst, die Grundlagen theoretischen Wissens und manueller mikrochirurgischer Fähigkeiten zu vermitteln vermag.

¹² Lannon, D. Atkins, J. Butler, P. (2001), S. 389-393

¹³ Matsumura, N. Endo, S. Hamada H. et. al (1999) S.581-583

¹⁴ Hino, A. (2003) S. 1495-1498

8.2. Die Lehr-DVD

Die Lehr-DVD wurde mit dem Ziel produziert, den zukünftigen Mikrochirurgen einen Überblick über die gesamte Mikrochirurgie zu verschaffen.

Der Lehrfilm besteht aus acht Kapiteln.

1. Instrumente und Handhabung
2. Nahtmaterial
3. Lupenbrille und Mikroskop
4. Nahtübungen am Latexhandschuh
5. Präparation der A. femoralis vom Huhn
6. Anastomosenanlage im Modell
7. Praktische Übungen zur Anastomosenanlage
8. Abschließende Übung an der Ratte

Es wird, angefangen bei den Instrumenten zu Nahtmaterialien, Übungen in Echtzeit und plastisch dargestellt als 3-D-Animation, über Präparieranleitungen bis zum systematisches Vorgehen beim Anlegen einer Anastomose, alles erklärt, was für die Arbeit eines zukünftigen Mikrochirurgen von Bedeutung ist. Nicht mittels eines Videos, sondern anhand einer „suture practice card“ mit den einzelnen Schritten des mikrochirurgischen Arbeitens lehrt das Minimally Invasiv Surgery Centre an der Universität Avda in Cáceres ,Spanien¹⁵ . Für den Lerneffekt ist wichtig, dass die Möglichkeit des Wiederholens besteht. Mit der Lehr-DVD kann jeweils das Kapitel aufgerufen werden, das wiederholt werden soll. So passt sich die Lehr-DVD der Lerngeschwindigkeit des Auszubildenden an. Die multimediale Unterstützung des Lerneffekts durch ein Video ist hoch einzuschätzen.¹⁶

¹⁵ Usón, J. Calles, C. (2002) S. 324-328 Microsurgery Design of a new suture practice card for microsurgical Training

¹⁶ Usón-Gargallo, J. Viguera- Salvago, F.J. Calles-Vázquez, C. (2004) S. 218-222 Wiley InterScience Interaktive Advanced Communication Multistation System for Microsurgical Training

8.3. Der Pilotkurs

Der Pilotkurs erfüllte seinen Zweck damit, zu testen, ob die Lehrinhalte der Lehr-DVD verständlich und lehrreich für die Probanden sind und ob der Kurs in gewünschtem Rahmen abgehalten werden kann.

Nachdem die Voraussetzungen – eine fertige Lehr-DVD, ausreichend mikrochirurgische Instrumente, Nahtmaterial, Lupenbrillen, Operationsmikroskope, sechs geeignete Probanden (Teilnehmer, alles Assistenten der Chirurgie im 1. bis 3. Ausbildungsjahr) – gefunden und die Genehmigung für den abschließenden Tierversuch geschaffen worden waren, konnte der Pilotkurs starten.

Der Kurs dauerte drei Tage und orientierte sich an der Lehr-DVD. Dabei kristallisierte sich heraus, dass der Kurs in gewünschtem Stil sowohl durchführbar als auch sinnvoll ist, da die Teilnehmer die vorgegebenen Lernziele voll erreicht haben.

Die Qualität des Kurses wurde am Erfolg der Teilnehmer gemessen, dieser wiederum an den Faktoren „Zeitbedarf pro Anastomose“ und „Widerstandszunahme im Gefäß nach Anastomosenanlage“.

Die Widerstandszunahme einer jeden einzelnen angelegten Anastomose wurde mit dem von Dr. Rene Zulkowski entwickelten Rechner-gestützten Messsystems gemessen.

Diese zwei Faktoren sanken bis zum Ende des Kurses auf ein Niveau, mit dem im realen Leben erfolgreich gearbeitet werden kann, sodass der Kurs als erfolgreich abgeschlossen betrachtet werden konnte.

Die Pilotstudie wurde sowohl auf dem 35. Jahreskongress der VDPC in Düsseldorf ¹⁷ als auch auf dem 36. Jahreskongress der VDPC in München ¹⁸ veröffentlicht. In der jeweils nachfolgenden öffentlichen Diskussion wurde die Lehrmethodik als hervorragend zum Erlernen mikrochirurgischer Fähigkeiten bezeichnet. Als besonders lobenswert wurde das erfolgreiche Streben nach einer Reduktion der Tierversuche hervorgehoben.

¹⁷ Zulkowski, R. Deiler, S. Sander, J. (2004) S. 23-24.

¹⁸ Zulkowski, R. Deiler, S. Sander, J. (2005) S. 96-97.

Nachdem der Pilotkurs so erfolgreich verlief und vom Fachpublikum ebenfalls eine einstimmige Befürwortung einer solchen Lehrmethodik bestätigt wurde, wurde beschlossen, den I. Münchner mikrochirurgischen Operationskurs durchzuführen.

Diese Studie hatte zum Ziel, mit statistisch relevanten Zahlen zu beweisen, dass das Erlernen mikrochirurgischen Arbeitens nicht von der Verwendung tierexperimenteller Ausbildungsmethoden abhängt.

Dazu wurde das im Pilotkurs getestete DVD-gestützte Lehrprogramm eingesetzt, und anstelle von Versuchstieren wurden aus Hühnerarterien angefertigte Anastomosen durch ein Rechner-gestütztes Messsystem beurteilt. Da die Teilnehmer den Kurs sowohl objektiv (gemessen an unabhängigen Werten wie Standardabweichung der Gefäßnahtabstände, Widerstandszunahme im Gefäß und Zeitbedarf pro Anastomosennaht) als auch subjektiv (gemessen an der Kursevaluation) erfolgreich bestanden haben, ist die Interpretation zulässig, dass diese Methode erfolgreich und zukünftig etablierbar ist.

Eine Verbesserung des Kurses hinsichtlich der Darstellung einer realen Situation läge in der Möglichkeit, wie in der von Stevens et al durchgeführten Studie ¹⁹, die zu verwendenden Objekte mit menschlichem Blut zu versorgen. Das ist ein zu erwähnender Vorteil, den wir in unserer Studie nicht bieten konnten, da er einen zu hohen Aufwand bedeutet hätte.

8.2. Diskussion der Gesamtanalysen

8.2.1. Verlauf der mittleren Standardabweichung über alle Versuche

Die Standardabweichung beschreibt die Abweichung vom mittleren Stichabstand in μm . Im 1. bis 7. Versuch ist über alle Versuche bei allen Teilnehmern eine eindeutig fallende Tendenz zu beobachten, was einen absoluten Lernerfolg aufzeigt. Das bestätigt die Annahme, durch diesen Kurs die mikrochirurgischen Fähigkeiten derart verbessern zu können, dass die

¹⁹ Steffens K., Koob E., Hong G. 1992 S.198-203

Stichabstände so regelmäßig werden, wie sie sein müssen, um eine suffiziente Anastomose herzustellen.

8.2.2. Verlauf der mittleren Widerstandszunahme in Prozent über alle Versuche

Die mittlere Widerstandszunahme aller Teilnehmer über alle Versuche hinweg beschreibt den Anstieg des Widerstands im Gefäß nach Anastomosenanlage. Die Widerstandszunahme sinkt im Mittel für alle Probanden um ein Vielfaches (durchschnittliche Widerstandsgefäßzunahme der letzten Arterie bei allen Versuchen liegt bei 08,1 Prozent), was den großartigen Lernerfolg bestätigt.

8.2.3. Korrelation zwischen der Widerstandszunahme in Prozent und der Standardabweichung in Mikrometer für insgesamt 78 Versuche

Die Annahme, dass die Standardabweichung positiv mit der Widerstandszunahme korreliert, kann bestätigt werden, da der p-Wert zweiseitig $< 0,05$ ist. Somit liegt ein signifikantes Ergebnis vor, und es bestätigt sich erneut die These, dass es für die Suffizienz der Anastomose von höchster Wichtigkeit ist, dass der Stichabstand sehr regelmäßig verläuft und die Hinterwand dabei nicht durchstoßen wurde.

8.2.4. Durchschnittlicher Zeitbedarf in Minuten über alle Versuche

Der Zeitbedarf im Mittel über alle Versuche hindurch zeigt eine deutlich fallende Tendenz auf, pendelt sich gegen Ende der Versuche auf einem minimal höheren Niveau ein.

Die Erklärung ist folgende: Da jede Anastomose sofort nach Anfertigung ausgewertet wird, ist jedem Teilnehmer am Ende des Kurses klar, dass es nicht nur auf die Zeit ankommt, die für das Anfertigen der Anastomosen benötigt wird, sondern vielmehr auf die Regelmäßigkeit der Stichabstände und auf ein freies Lumen.

Die durchschnittliche Zeit aller Teilnehmer bei der letzten Anastomose liegt bei 23,66 Minuten, was eine realistische Zeit darstellt, die für den Klinikalltag gebräuchlich ist.

Die Reduzierung der benötigten Zeit und das Einpendeln auf einem minimal höheren Zeitniveau stellt einen herausragenden Lernerfolg dar.

8.2.5. Beurteilung durch Kursteilnehmer

Die Autoren der Studie legten großen Wert darauf, einen Kurs zu kreieren, der zum einen die Lehrinhalte verständlich vermittelt und zum anderen den professionellen und zuvorkommenden Umgang mit den Teilnehmern betont. Die Kosten des Kurses sollten zudem möglichst kostengünstig gestaltet sein. So wurde ein Evaluationsbogen entwickelt, der am Ende des Kurses ausgegeben wurde. Derartige Evaluationsbögen erwiesen sich ebenfalls in einer zehnjährigen Studie über ein mikrochirurgisches Training an der chirurgischen Universitätsklinik zu Würzburg nachhaltig als sinnvoll.²⁰ Anhand von Evaluationsbögen können das Konzept, die Erwartungen an den Kurs, der Lernerfolg und die Zufriedenheit über den Kurs vom Kursteilnehmer beurteilt werden.

Die These, dass die Kosten angemessen und nachvollziehbar sind, eine Verständnisverbesserung mithilfe der Lehr-DVD eintritt, dass die Erklärungen durch Kursleiter und der Mitarbeiter verständlich und umsetzbar sind, dass die Kursteilnehmer zuvorkommend und professionell behandelt werden und dass das Kurskonzept didaktisch gut aufgebaut ist, wurde von den Kursteilnehmern via Evaluationsbogen bestätigt.

²⁰ Klein, I. Steger, U. Timmermann, W. et al (2003) S. 461-465

9. Zusammenfassung

9.1. Ziel der Studie

Das Erlernen der Anfertigung von Mikrogefäßanastomosen stellt in der Ausbildung von Chirurgen ein Problem dar, da auf der einen Seite am Patienten für die Erzielung eines hohen Qualitätsniveaus nur geübte Kollegen tätig sein können, auf der anderen Seite tierexperimentelle Ausbildungsmethoden nur in begrenztem Umfang eingesetzt werden können und sollten. Das Übungsniveau, das ein Chirurg in seiner Ausbildung zum Beginn des Einsatzes am Patienten erreicht haben sollte, konnte bislang nicht quantifizierbar vorgegeben werden. Daraus ergab sich die Entwicklung und Etablierung eines videobasierten Lehrprogramms für das Erlernen der Grundlagen praktischen mikrochirurgischen Arbeitens. Die Verwendung des erstellten Lehrprogramms soll zu einer bedeutenden Reduzierung von Experimenten am narkotisierten Tier führen, anstelle der Versuchstiere dient ein rechnergestütztes Messsystem zur Beurteilung der im Kurs angefertigten Anastomosen.

9.2. Methodik

Der Studie liegen drei wichtige Zielvorgaben zugrunde:

1. Erstellung eines mikrochirurgischen Ausbildungsprogramms für einen drei Tage umfassenden Kurs. Schrittweise werden mikrochirurgische Nahttechniken von Anastomosen erlernt, zunächst anhand von Lehrvideosequenzen, unterstützt durch animierte Grafiken. Im Anschluss erfolgen praktische Übungen am Ex-vivo-Modell. Als Übungsmaterial dienen Gefäße von Hühnerschenkeln aus dem Lebensmittelhandel.

2. Aufbau eines Messsystems zur Bestimmung der Durchflusseigenschaften der genähten Gefäße. Der Messaufbau ermöglicht die optische Beurteilung wie im lebenden Situs und die physikalische Qualitätskontrolle der Anastomosen.
3. Messung der Qualität der erstellten Anastomosen mit dem neuen objektiven Messsystem in einem Pilotkurs (n= 6) und in einem Ausbildungskurs (n=13). Die Daten dienen zum einen der Beurteilung des Lernfortschritts für jeden Teilnehmer, zum anderen bei nachgewiesenem Lernfortschritt als Bestätigung für diese neuartige Kursform.

9.3. Ergebnisse

Die Teilnehmer erstellten zu Übungszwecken insgesamt je fünf bis sieben Anastomosen. Bei allen Kursteilnehmern konnten deutliche Verbesserung der mikrochirurgischen Fähigkeiten beobachtet werden. Während des I. Münchner Mikrochirurgischen Operationskurses führte im Mittel die Anlage der ersten Anastomose zu einer Erhöhung des Durchflusswiderstands (5,18 Prozent). Es wurden im Mittel 32,76 Minuten benötigt. Die mittlere Standardabweichung lag bei 136,08 Mikrometern. Im Laufe der ersten Übungen zeigte sich durch Qualitätsverbesserung und erhöhte Schnelligkeit eine deutlich ansteigende Lernkurve der Teilnehmer. Während der 6. und 7. Übung stellte sich bei den Kursteilnehmern ein individuelles Plateau ein. Die Zunahme des genähten Gefäßes betrug nun im Durchschnitt nur noch 0,81 Prozent, bei einer Nahtdauer von nur noch 23,66 Minuten. Die mittlere Standardabweichung lag nur noch bei 118,33 Mikrometern.

9.4. Schlussfolgerung

Während der Lehreinheiten wurde eine enorme Verbesserung der Fähigkeiten der Kursteilnehmer erreicht. Die mikrochirurgische Fähigkeit zur Anastomosenanlage war bei allen Teilnehmern nach Absolvieren des Kurses für die klinische Anwendung ausreichend.

Die Qualität der im Kurs erstellten Anastomosen ist erstmals anhand von klinisch kritischen Parametern quantitativ evaluierbar, somit ist der Lernerfolg objektiv darstellbar. Hieraus ergab sich ein gutes Feedback und eine Motivationssteigerung für die Kursteilnehmer.

Ein Ausbildungskurs, der eine Reduzierung von Tierexperimenten mit einem hohen Motivationsniveau durch quantifizierbare Lernerfolge verbindet, wurde bislang im Bereich der Mikrogefäßchirurgie nicht angeboten.

Das hier vorgestellte videobasierte Lehrprogramm eignet sich auch nach Absolvieren des Kurses zur Aufrechterhaltung der mikrochirurgischen Fähigkeiten durch regelmäßiges Training mit Hühnerschenkeln aus dem Lebensmittelhandel in Verbindung mit der Lehr-DVD.

IV. Alphabetisches Literaturverzeichnis

Ad-El D., Harper A., Hoffman L.: Digital replantation teaching model in rats. *Microsurgery*. 2000; 20(1): S. 42-44

Demirseren M., Tosa Y., Hosaka, Y.: Microsurgical training with surgical gauze: the first step *Journal of Reconstructive Microsurgery* 2003 Aug; 19(6): S. 385-386

Galeano M., Zarabini A.: The usefulness of a fresh chicken leg as an experimental Model during the intermediate stage of microsurgical training. *Annals of plastic surgery*. 2001 Juli; 47(1): S. 96-97

Hino A.: Training in mikrovascular surgery using a chicken wing artery. *Neurosurgery*. 2003 Juni; 52(6): S. 1495-1498

Klein I., Steger U., Timmermann W. et al: Microsurgical Training course for Clinicians and Scientists at a German University Hospital: a 10-Year Experience. *Microsurgery*. 2003; 23(5): S. 461-465

Korber K.: A basic microsurgical skills curriculum fort the plastic surgeon. *Plastic and reconstructive surgery*. 1991; 87(4): S. 810-811.

Lannon D., Atkins J., Butler P.: Non vital Prosthetic an virtual realty models of Microsurgical Training. *Microsurgery*. 2001; 21(8): S. 389-393

Matsumura N., Endo S., Hamada H. et. al: An experimental model for side to side mikrovascular Anastomosis. *Journal of reconstructive Microsurgery*. 1999 November; 15(8): S. 581-583.

Mikó I., Bráth E., Furka I.: Basic teaching in microsurgery. *Microsurgery*. 2001; 21(4): S. 121-123

Mielke A., Tröhler U., Plester D.: *Illustrierte Geschichte der Mikrochirurgie*. Genehmigte Lizenzausgabe 2007 by Voltmedia GmbH, Paderborn. Die historische Entwicklung in den operativen Disziplinen (2007), S. 7-9

Mielke A., Tröhler U., Plester D.: *Illustrierte Geschichte der Mikrochirurgie*. Genehmigte Lizenzausgabe 2007 by Voltmedia GmbH, Paderborn. Die historische Entwicklung in den operativen Disziplinen (2007), S. 3

Mielke A., Tröhler U., Plester D.: *Illustrierte Geschichte der Mikrochirurgie*. Genehmigte Lizenzausgabe 2007 by Voltmedia GmbH, Paderborn. Die historische Entwicklung in den operativen Disziplinen (2007), S. 4

Steffens K., Koob E., Hong G.: Training in basic microsurgical techniques without experiments involving animals. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 1992; 111(4): S. 198-203

Usón J., Calles C.: Design of a new suture practice card for microsurgical Training. Microsurgery. 2002; 22(8): S. 324-328

Usón-Gargallo J., Viguera- Salvago F.J., Calles-Vázquez C.: Interaktive Advanced Communication Multistation System for Microsurgical Training. Microsurgery. 2004; 24(3): S. 218-222

Zhang F., Chin B., Ho P. et al.: rat tail replantation as a training model for microvascular procedures of digit replantation. Microsurgery. 1998; 18(6): S. 364-367

Zhang F., Chin B., Ho P. et al.: rat tail replantation as a training model for microvascular procedures of digit replantation. Microsurgery. 1998; 18(6): S. 364-367

Zulkowski R., Deiler S., Sander J.: Erstellung und Evaluierung eines tierversuchssparenden, videobasierten Lehrprogramms für mikrochirurgische Gefäßnahttechniken Kongressband des 35.Jahrestagung der Vereinigung der deutschen plastischen Chirurgen Düsseldorf 22.-25.9.2004 Congress compact Verlag Berlin 2004, S. 23-24

Zulkowski R., Deiler S., Sander J.: Erstellung und Evaluierung eines tierversuchssparenden, videobasierten Lehrprogramms für mikrochirurgische Gefäßnahttechniken Kongressband des 36.Jahrestagung der Vereinigung der deutschen plastischen Chirurgen München 27.9.-01.10.2005 Congress compact Verlag Berlin 2005, S. 96-97

V. Anhang: Lehr-DVD

Danksagung

Ich danke meinem Doktorvater, Herrn Univ. Prof. Dr. med. Dr. med. habil. Wolfgang Stock, ehemaliger Leiter der Plastischen Chirurgie und der Handchirurgie des Klinikums Innenstadt der Ludwig-Maximilians-Universität zu München, der mir die Gelegenheit zur Durchführung der Versuche gab und die Arbeitsmöglichkeit bereitgestellt hat. Insbesondere danke ich Ihm für die thematische Herausforderung sowie für die intensive Betreuung zur Realisierung der Promotion.

Bei meinem Betreuer Herrn Dr. med. Zulkowski, Facharzt für plastische Chirurgie bedanke ich mich für die für stetige Unterstützung in diesem Forschungsprojekt.

Mein Dank gilt auch dem Tierschutzbeauftragten der LMU Herrn Dr. med. vet. H.-P. Scheuber und seinen Mitarbeitern aus der Tierhaltung der Ludwig - Maximilians - Universität zu München für die freundliche Zusammenarbeit und den reibungslosen Ablauf sowie Herrn Schnorrenberg, der mir im Vorfeld die Vertonung und den Schnitt des Filmes beibrachte.

Ein ganz besonderen Dank geht an meine Mutter, die ich stets an meiner Seite weiß und meinem Vater der stets hinter mir stand. Ihrer beider Anteilnahme war mir stets eine große Hilfe.

Ebenso danke ich Frau Dr. Isabel Schöntag für Ihre tatkräftige Unterstützung.

LEBENS LAUF

Julia Sander

geb. 30.10.1974 in München

Schulbildung

09/1981 - 02/1985	Grundschule München-Waldtrudering
03/1985 - 06/1994	Rudolf-Steiner-Schule München-Daglfing, Abschluss allgemeine Hochschulreife

Studium

10/1994	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Universität Innsbruck
11/1994	Wechsel an die Ludwig-Maximilians-Universität
03/1999	Physikum
04/1999	Wechsel an die TU München
03/2000	1. Staatsexamen
03/2002	2. Staatsexamen
05/2003	3. Staatsexamen

Praktische Erfahrung

03/2000 - 04/2000	Famulatur in der internistischen Praxis Dr. Hampel
09/2000 - 10/2000	Famulatur in der Abteilung für Hand- und plastische Chirurgie, Ludwigs-Maximilian-Universität
03/2001 - 04/2001	Famulatur in der chirurgischen Notaufnahme und Pädiatrie des St. Anns Bay Hospital, University of Jamaica
04/2002 - 06/2002	1. Tertial (1. Hälfte) des praktischen Jahres in der HNO am Royal North Shore Hospital, University of Sydney
06/2002 - 08/2002	1. Tertial (2. Hälfte) des praktischen Jahres in der HNO am "Rechts der Isar", Technische Universität München
08/2002 - 10/2002	2. Tertial (1. Hälfte) des praktischen Jahres in der Gefäßchirurgie am "Rechts der Isar", Technische Universität München
10/2002 - 12/2002	2. Tertial (2. Hälfte) des praktischen Jahres in der Abteilung für plastisch/wiederherstellende Chirurgie
12/2002 - 03/2003	3. Tertial des praktischen Jahres in der internistischen Notaufnahme am Groote de Schuur Hospital, University of Capetown

04/1999 - 07/2003	Organisation/Ablauf und Abrechnung der osteopathischen Praxis Sauerwein-Kästle, München
08/2003 - 02/2004	Fertigstellung der Datenerhebung für die Dissertation
03/2004 – 11/2004	Tätigkeit als Assistenzärztin im Kreisspital Brugg (CH) in der Unfall/Abdominalchirurgie
12/2004 – 05/2006	Tätigkeit als Assistenzärztin im Kreisspital für das Freiamt Muri (CH) in der Unfall/Abdominalchirurgie
09/2006 – 02/2007	Tätigkeit als Assistenzärztin auf der Intensivstation der Krankenhauses der Barmherzigen Brüder in München
03/2007 – heute	Tätigkeit als Assistenzärztin in der Orthopädie des Krankenhauses der Barmherzigen Brüder in München

Sonstiges

08/1990 - 09/1990 08/1993 - 09/1993	Summer school in spoken and written English, Torquay/UK L'ècole de français, Bordeaux/France allgemeine Hochschulreife
01/1995 - 09/1995	Pilotenausbildung (Abschluss PPLA) in Deutschland und Naples/USA
Sprachen	Deutsch (Muttersprache) Englisch (Fließend in Wort und Schrift) Französisch (Grundkenntnisse)
EDV	MS Windows, Word, Excel, Power Point
Interessen	Reisen, Klavierspielen, Lesen, Skifahren und aktuelles Zeitgeschehen



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-5725-1



9 783835 119572 51